

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Katedra kybernetiky a biomedicínského inženýrství

Elektronický diabetický deník s funkcí selfmonitoringu a evaluace

Diabetic's Electronic Diary with Self-monitoring and Evaluation Functions

Zadání bakalářské práce

Student: **Petr Roman**

Studijní program: B2649 Elektrotechnika

Studijní obor: 3901R039 Biomedicínský technik

Téma: Elektronický diabetický deník s funkcí selfmonitoringu a evaluace
Diabetic's Electronic Diary with Self-monitoring and Evaluation
Functions

Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

1. Literární rešerše k zadanému tématu.
2. Návrh designu aplikace a jednotlivých funkcionalit.
3. Vytvoření registru uživatele se záznamem vybraných údajů a možnosti víceuživatelského přístupu.
4. Návrh a implementace modulární "diabetické kuchářky" s výpočtem sacharidových výměnných jednotek.
5. Návrh a implementace edukačního programu "abeceda diabetu".
6. Návrh a implementace grafického a statistického vyhodnocení zadaných hodnot, vizualizace dlouhodobých trendů.
7. Propojení všech vyvinutých funkcí s databází.
8. Funkce import a export dat ve vybraných formátech.
9. Vytvoření uživatelského rozhraní s intuitivním a přehledným ovládáním.
10. Testování elektronického deníku a všech implementovaných funkcí na reálných datech z glukometrů a senzorů pro kontinuální monitorování glykémie.
11. Zhodnocení přínosnosti vytvořené aplikace a návrhy pro další vývoj.

Seznam doporučené odborné literatury:

- [1] WINTER, William E. a Maria Rita SIGNORINO. *Diabetes mellitus: pathophysiology, etiologies, complications, management, and laboratory evaluation : special topics in diagnostic testing*. Washington, DC: AACC Press, c2002. ISBN 189088362X.
- [2] DUFFY, Thomas J. *Programming with mobile applications: Android, iOS, and Windows Phone 7*. Boston, MA: Course Technology/Cengage Learning, 2013. ISBN 1133628133.
- [3] MCKILLUP, Steve. *Statistics explained: an introductory guide for life scientists*. 2nd ed. Cambridge: Cambridge University Press, 2012. ISBN 978-1-107-00551-8.
- [4] BARTLETT, Ruth a Christine MILLIGAN. *What is diary method?* New York: Bloomsbury Academic, an imprint of Bloomsbury Publishing, Plc, 2015. ISBN 978-1472572530.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

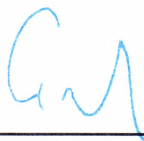
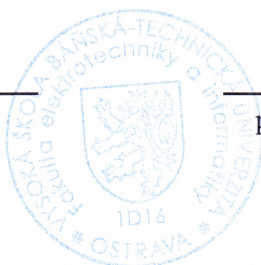
Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Iveta Bryjová**

Datum zadání: 01.09.2016

Datum odevzdání: 28.04.2017




doc. Ing. Jiří Koziorek, Ph.D.
vedoucí katedry



prof. RNDr. Václav Snášel, CSc.
děkan fakulty

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně. Uvedl jsem všechny literární
prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.

V Ostravě 28. dubna 2017


.....

Rád bych na tomto místě poděkoval vedoucí bakalářské práce, Ing. Ivetě Bryjové, za pomoc při návrhu realizovaného programu a také za oporu během řešení práce.

Abstrakt

Cílem bakalářské práce je vytvoření softwaru umožňujícího pacientům, převážně s onemocněním diabetes mellitus I., ale i II. typu, evidovat všechny potřebné údaje o léčbě jejich nemoci a interpretovat data tak, aby byly výsledky lépe pochopitelné a správně interpretovány. To může vést ke zlepšení spolupráce pacienta s lékařem, celkovému zkvalitnění léčby, a především k předcházení sekundárních komplikací diabetu. To se může pozitivně odrazit v celkové kvalitě života diabetiků. Součástí aplikace je modul pro výpočet sacharidových výměnných jednotek v jídle a edukační průvodce “Abeceda diabetu”.

Klíčová slova: diabetes mellitus, inzulin, evaluace, sebekontrola, C#, SQLite

Abstract

The main aim of this bachelor thesis is to create a software that enables patients with diabetes mellitus type I., as well as type II., to register all information needed to treat their disease and represent data in the right way which would be easier for the patients to understand. This can lead not only to better communication between the patient and a doctor but also an overall improvement of treatment quality and most important – it can prevent any secondary complication of diabetes. All of the improvements mentioned above can lead to better life of patients diagnosed with diabetes. Part of the application is a module for calculating carbohydrate metabolism in food and the educational guide “Diabetes alphabet”.

Key Words: diabetes mellitus, insulin, evaluation, self-monitoring, C#, SQLite

Obsah

Seznam použitých zkratk a symbolů	9
Seznam obrázků	10
Seznam tabulek	11
1 Úvod	13
2 Literární rešerše	14
2.1 Současné metody hodnocení a kontroly hladiny glukózy v krvi u pacientů s diabetem	14
2.2 Vliv selfmonitoringu na kompenzaci diabetu u pacientů léčených diabetickými klinikami s omezenými zdroji	15
2.3 Vyhodnocení domácího měření glukózy v primární zdravotní péči; jak na tom jsme?	15
2.4 Frekvence selfmonitoringu glukózy v krvi a dosažení cílových hodnot HbA _{1C} . . .	16
2.5 Údaje v péči o zdraví: nakládání s osobními daty při diabetu za pomocí informačních technologií	16
2.6 Shrnutí rešerše	17
3 Diabetes mellitus	18
3.1 Anatomie pankreatu	18
3.1.1 α -buňky a β -buňky	18
3.2 Fyziologie	19
3.2.1 Inzulin	19
3.2.2 Glukagon	19
3.2.3 Glykovaný hemoglobin HbA _{1C}	19
3.3 Rozdělení typů onemocnění diabetes mellitus	20
3.3.1 Diabetes mellitus I. typu	20
3.3.2 Diabetes mellitus II. typu	20
3.3.3 Gestační diabetes	21
3.4 Léčba	22
3.4.1 Selfmonitoring	22
3.4.2 Kontinuální měření glykemie	23
3.4.3 Terapeutické pomůcky	26
3.5 Akutní a chronické komplikace diabetu	28
3.5.1 Akutní komplikace	28
3.5.1.1 Hypoglykemie	29
3.5.1.2 Ketoacidóza	29
3.5.2 Chronické komplikace	29

3.5.2.1	Nefropatie	29
3.5.2.2	Retinopatie	30
3.5.2.3	Neuropatie, diabetická noha	30
4	Realizace diabetického deníku v programovacím jazyce C#	31
4.1	Prostředí .NET a C#	31
4.2	Použité knihovny	32
4.2.1	SQLite	32
4.2.2	WPF	33
4.2.3	OxyPlot a LiveCharts	33
4.3	Návrh struktury programu	33
4.4	Realizace aplikace	36
4.4.1	Graficko-uživatelské rozhraní	37
4.4.2	Diagramy	39
4.4.3	Popis zdrojového kódu záznamu glykemie	42
4.5	Zhodnocení přínosnosti aplikace	43
4.6	Návrh dalšího vývoje	45
5	Závěr	47
	Literatura	48
	Přílohy	

Seznam použitých zkratk a symbolů

BMI	– Body Mass Index
CGM	– Continuous glucose monitoring
DM	– Diabetes mellitus
DM1	– Diabetes mellitus I. typu
DM2	– Diabetes mellitus II. typu
GIT	– Gastrointestinální trakt
GUI	– Graficko–uživatelské rozhraní
HbA _{1C}	– Glykovaný hemoglobin
HDL	– High density lipoprotein
IDDM	– Insulin dependent diabetes mellitus
IU	– Insulin unit
LDL	– Low density lipoprotein
NFC	– Near Field Communication
PAD	– Perorální antidiabetika
WPF	– Windows Presentation Foundation
csv	– Comma-separated values
v. j.	– Výměnná jednotka

Seznam obrázků

1	modrý kruh–symbol diabetu, 14. listopadu Světový den diabetu	13
2	anatomický popis slinivky břišní.	18
3	ukázka glykemické křivky v průběhu dne	24
4	měřicí a terapeutický systém společnosti Medtronic	25
5	inzulinová pumpa Animas Vibe a CGM Dexcom G4	25
6	inzulinová pumpa se spotřebním materiálem	26
7	inzulinové pero	28
8	GUI registrace uživatele	37
9	GUI modulu “Kuchařka”	38
10	GUI statistického vyhodnocení	39
11	vývojový diagram přihlášení	41
12	sekvenční diagram zápisu glykemie	42
13	graf denního přehledu	43
14	graf dlouhodobých trendů glykemie	44
15	návrh loga vytvořené aplikace	45
16	třídní diagram Entit	47
17	třídní diagram prezentační vrstvy - grafické rozhraní	48
18	třídní diagram databázové vrstvy - perzistentní pole	49
19	třídní diagram servisní vrstvy	50
20	konkrétní příklad třídního diagramu glykemie	51

Seznam tabulek

1	kritéria kompenzace diabetu	22
2	osmibodový glykemický profil	23
3	čtyřbodový glykemický profil	23
4	srovnání senzorů Enlite a Dexcom G4 Platinum	26

Seznam výpisů zdrojového kódu

1	akce po vykonání po stisku tlačítka	52
2	naplnění entity z položek grafického rozhraní	53
3	poslání dat do servisní vrstvy ke zpracování	54
4	servisní vstava přepošle data do databázové vrstvy	55
5	uložení do databáze	56

1 Úvod

První zmínky o nemoci diabetes mellitus sahají až do 16. století př. n. l., kdy je diabetes vyobrazen jako velmi vzácná nemoc. V současné době je s celkovým počtem 422 milionů pacientů velmi rozšířen a dle trendů se předpokládá, že v roce 2040 bude trpět diabetem až 642 milionu lidí z celkové světové populace. Jako přelomový okamžik v léčbě je považován objev inzulinu (1921) a jeho první aplikace pacientům. Za tento počin byli Frederick Banting a John James Richard Macleod oceněni Nobelovou cenou za lékařství. Pomůcky pro diagnostiku a inzulinovou terapii prakticky do současné doby prochází neustálým vývojem. Tak, jako v mnoha odvětvích medicíny, se nabízí také při léčbě diabetu možnost využít podpůrných prostředků léčby ve formě záznamových a vyhodnocovacích softwarů. S jejich pomocí lze dosáhnout většího komfortu při léčbě a také usnadňují retrospektivní analýzu dat ošetřujícím diabetologům [27, 34].



Obrázek 1: modrý kruh–symbol diabetu,
14. listopadu Světový den diabetu [27]

Bakalářská práce je rozdělena na část teoretickou a praktickou. V teoretické části je obsažena literární rešerše, ve které je zkoumán aktuální stav řešení problematiky pomocí elektronických informačních zdrojů. Pro vypracování rešerše byly zvoleny články zabývající se využitím diagnostických dat, jejich zpracováním a zpětným využitím. Dále teoretická část obsahuje rozbor problematiky diabetes mellitus, jeho léčbou a komplikacemi. Součástí teorie je také rozbor praktické části, tedy popis navrhnutého diabetického deníku a následně rozbor jeho jednotlivých funkčních bloků. Praktická část práce obnášela návrh a vytvoření aplikace v jazyce C#, sběr glykemických dat po dobu 6 měsíců, aplikovaných inzulinů a zkonsumovaného jídla po dobu 3 měsíců. Tyto hodnoty jsou využity pro demonstraci a evaluaci dat v sekci programu pro grafické a statistické zpracování dat.

2 Literární rešerše

Rešerše byla vytvořena pomocí elektronických článků získaných meziknihovní výpůjční službou a článků dostupných na elektronických informačních zdrojích Science Direct a Web of Science pomocí Ústřední knihovny Vysoké školy báňské – Technické univerzity Ostrava. Pro zajištění aktuálnosti řešené problematiky byly pro rešerši zvoleny články vydané v roce 2016.

Příbuzné termíny a synonyma: diabetes mellitus, glukóza, glukometr, sebekontrola, inzulin, slinivka břišní, β -buňky

Related terms or synonyms: diabetes mellitus, glucose, glucose meter, selfmonitoring, insulin, pancreas, β -cells.

2.1 Současné metody hodnocení a kontroly hladiny glukózy v krvi u pacientů s diabetem

Topic: Current methods of assessing blood glucose control in diabetes

Autor: Mark Evans [1]

Publikováno: British Journal of Diabetes, 2016

V současné době se k vyhodnocení kompenzace diabetu využívá měření HbA_{1C} (glykovaného hemoglobinu), jenž je efektivní ukazatel průměrné hladiny glukózy v krvi za několik posledních měsíců. Tato standardizovaná metoda ovšem neposkytuje žádné informace o variabilitě glykemií, tzn. i při uspokojivé hodnotě hemoglobinu se mohou u pacienta vyskytovat hypoglykemie či hyperglykemie, avšak z laboratorního vyšetření hemoglobinu jsou nerozpoznatelné. Dále se při léčbě diabetu využívá selfmonitoringu (vlastního sledování glykemie), díky kterému jsme schopni odhalit pouze části glykemické křivky. Mnohem komplexnější informaci o průběhu glykemie poskytuje CGM (kontinuální monitor glukózy), který vyžaduje pravidelnou kalibraci, je mnohem nákladnější a omezen krátkou životností senzoru (řádově jednotky dnů). Nová technika „Flash glucose monitoring“ poskytuje již od výroby kalibrovaný senzor, který je schopen uchovávat data po dobu až 8 hodin. Tento typ senzoru je možno používat po dobu až 14 dnů.

Globálně používaná metoda pro hodnocení dat „tady a teď“ spočívá v získávání dat pomocí glukometru a následné retrospektivní analýze pacientem nebo lékařem. V ideálním případě je na základě povahy dat pacient či ošetřující lékař schopen navrhnout změny v léčbě diabetu (např. změny dávkování inzulinu či stravovacího režimu). Zpětná analýza dat je náročná a v praxi se důkladně provádí zřídk. Možnost uchování dat je např. vedením klasického papírového deníku či elektronická evidence glykemií za pomoci software, který je schopen se spárovat s glukometrem a automaticky importovat data. V současné době jsou ovšem značné rozdíly ve způsobu interpretace dat pomocí elektronické evidence, a to může mít negativní dopad na výklad dat a následné úpravy léčby. Schopnost správně interpretovat výsledky je důležitá jak pro pacienty, tak pro lékaře a může napomoci efektivnímu využití dostupných technologií v léčbě.

2.2 Vliv selfmonitoringu na kompenzaci diabetu u pacientů léčených diabetickými klinikami s omezenými zdroji

Topic: Effects of selfmonitoring of blood glucose on diabetes control in a resource-limited diabetic clinic

Autoři: S. Pillay, C. Aldous [2]

Publikováno: Journal of Endocrinology, Metabolism and Diabetes of South Africa, 2016

Diabetes mellitus je světově stále rozšířenější. Z důvodu předcházení sekundárních komplikací diabetu je důležitý selfmonitoring, který napomáhá diabetikům upravit životní styl tak, aby mohlo být dosaženo optimální léčby. Předpokládá se, že každý pacient bude vlastnit glukometr, ale z důvodů omezených zdrojů, chudoby a nezaměstnanosti v rozvojových zemích tomu tak není. V mnoha studiích bylo dokázáno, že sledování glukózy v krvi má pozitivní vliv na celkovou kompenzaci diabetu pouze za předpokladu dostatečné edukace pacientů. Tato studie zahrnovala distribuci glukometrů a rozsáhlou edukaci pacientů, jak reagovat na výsledky z nich získané a následně byla data po dobu jednoho roku retrospektivně analyzována.

Společnost Roche Diagnostics darovala glukometry Accu-chek do nemocniční lékárny a tyto glukometry byly vydávány všem diabetikům I. i II. typu na inzulínové terapii. Současně proběhla edukace pacientů včetně doporučení četnosti měření glykemií. Studie hodnotila vliv na celkovou kontrolu diabetu za pomoci vyhodnocení HbA_{1C}, krevního tlaku, BMI, obvodu pasu, poměru obvodu pasu k výšce, celkového cholesterolu a triglyceridů, LDL a HDL cholesterolu, glykosurie a proteinurie. Hodnocení biochemických veličin proběhlo na začátku studie, po 6 a 12 měsících. Celkově bylo do studie zahrnuto 201 pacientů a z výsledků plyne, že u většiny z nich došlo ke zlepšení HbA_{1C}, celkového cholesterolu, triglyceridů a LDL cholesterolu již během prvních 6 měsíců.

2.3 Vyhodnocení domácího měření glukózy v primární zdravotní péči; jak na tom jsme?

Topic: Assessment of home glucose monitoring system in primary health care system; where are we?

Autoři: Almoutaz Alkhier Ahmed, Amal Nouri [3]

Publikováno: Middle East Journal of Family Medicine, 2016

Systém selfmonitorace glykemie je jedním z kontrolních nástrojů diabetiků. Pro jeho efektivní využití je nezbytně nutné mít dostupné prostředky pro provádění selfmonitoringu, mít dostatečné dovednosti je obsluhovat a mít znalosti pro správnou interpretaci výsledků. Cílem této studie je zhodnocení komponent pro selfmonitoring a jejich vliv na glykemií u pacientů s diabetes mellitus II. typu.

Z registru diabetiků bylo náhodně vybráno 176 pacientů, přičemž každý z nich obdržel dotazník obsahující otázky týkající oblastí selfmonitoringu, dostupnosti nástrojů potřebných pro selfmonitoring, schopnost tyto nástroje ovládat a interpretovat získané výsledky. Dle výsledků studie

bylo zjištěno, že téměř 40 % pacientů nemělo k dispozici nástroje pro provedení selfmonitoringu. Řada pacientů také měla k dispozici všechny potřebné prostředky, ale nebyli poučeni, jak je používat a jaké jsou cíle léčby diabetu. Z toho vyplývá, že např. nebyli schopni reagovat na zjištěnou hyperglykemii, protože nevěděli, jakým způsobem. Pouze necelých 23 % pacientů uvedlo, že zaznamenává naměřené hodnoty do diabetického deníku. Bez záznamu glykemií a jejich analýzy ovšem nemůže být docílena uspokojivá kompenzace.

2.4 Frekvence selfmonitoringu glukózy v krvi a dosažení cílových hodnot HbA_{1C}

Topic: Frequency of selfmonitoring blood glucose and attainment of HbA_{1C} target values

Autoři: Elgart, Jorge F., Lorena González, Mariana Prestes, Enzo Rucci, Juan J. Gagliardino [4]

Publikováno: Acta Diabetologica, 2016

V této observační retrospektivní studii se autoři zaměřili na zjišťování vztahu mezi poměrem použitých testovacích proužků do glukometru a dosažení kontroly nad diabetem. V Argentině představují testovací proužky přibližně 50 % celkových nákladů na léčbu diabetu a četnost jejich použití je úzce spojena s léčbou hyperglykemie. Selfmonitoring napomáhá optimalizovat výsledky léčby, avšak vyžaduje aktivní účast pacientů a jeho zavedení má velký dopad na rozpočet zdravotní péče. V některých zemích není stanovený rozpočet schopen pokrýt skutečné potřeby pacientů.

Analýza dat obsahovala klinická, metabolická a léčebná data od 657 pacientů s DM2 léčených perorálními antidiabetiky (PAD), kombinací PAD s inzulinem a pouze inzulinovou terapií. Průměrná měsíční spotřeba testovacích proužků se výrazně lišila v závislosti na typu léčby. Nejmenší spotřebu měli pacienti léčení PAD, naopak nejvyšší spotřebu pacienti na inzulinové terapii. Pro dosažení stanovené hodnoty HbA_{1C} u pacientů léčených PAD a kombinovanou terapií se zvýšila četnost použití testovacích proužků až o 38 %. U pacientů léčených pouze inzulinem nebyly ve spotřebě shledány významné změny. Z analyzovaných dat vyplývá, že dosažení lepší kompenzace diabetu je spojeno s vyšší četností kontroly glukózy v krvi, což znamená větší náklady na léčbu.

2.5 Údaje v péči o zdraví: nakládání s osobními daty při diabetu za pomoci informačních technologií

Topic: Data-driven health management: reasoning about personally generated data in diabetes with information technologies

Autoři: Lena Mamykina, Matthew E. Levine, Patricia G. Davidson, Arlene M. Smaldone, Noemie Elhadad, David J. Albers [5]

Publikováno: Journal of the American Medical Informatics Association, 2016

Vzhledem ke stále lepší dostupnosti monitorovací techniky pro provádění selfmonitoringu glukózy se autoři studie zabývali podrobnou analýzou dat postprandiální glykemie (tzn. glykemie změ-

řená 60–120 minut po jídle) v závislosti na typu konzumovaného jídla. Zaměřili se také na konkrétní nutriční hodnoty jídla (podíl sacharidů, cukrů, tuků atd.) Cílem výzkumu je najít nová řešení, která za pomoci informačních technologií dokáží pomoci diabetikům lépe analyzovat naměřená data a následně je použijí při rozhodování v řízení léčebného režimu. To obnáší např. nápovědu při odhadu velikosti dávky inzulínu k danému jídlu či záznamy průběhů postprandiální glykemie vázané ke konkrétním jídlům.

Do průzkumu bylo zahrnuto 6 pacientů s DM1 a 4 pacienti s DM2. Všichni tito pacienti byli poučeni, aby provedli záznam přesného popisu a složení porce jídla. K tomu pořídili sérii hodnot glykemií před jídlem a minimálně jednu hodnotu postprandiální glykemie a další dle uvážení. Kromě toho pacienti zaznamenávali údaje o denních aktivitách, které mohly mít taktéž vliv na průběh glykemie. Po získání dat předali pacienti veškeré zaznamenané hodnoty k analytickému zpracování.

Ukázalo se jako velmi obtížné předpokládat průběh postprandiální glykemie. Předpoklad se téměř vždy lišil oproti skutečným naměřeným hodnotám. Vyplývá z toho, že predikce postprandiální glykemie pomocí dat získaných pomocí selfmonitoringu je složitá a navíc nepřesná. Jakékoli predikce byly označeny jako nespolehlivé. V konečném důsledku se pouze podařilo stanovit kategorie jídel podle toho, jak velký je jejich vliv na postprandiální glykemii. Jako dobrý ukazatel této kategorie může posloužit glykemický index potravin, který prozradí rychlost vstřebávání glukózy do krve po konzumaci jídla.

2.6 Shrnutí řešerše

Problematika týkající se diabetu mellitu je velmi rozsáhlá a z řešeršní práce plyne, že v první řadě je nezbytně nutné, aby pacienti měli přístup k léčebným pomůckám, které jsou v současné době na velmi dobré úrovni. Zároveň je potřeba provádět edukaci pacientů, aby věděli, jak tyto pomůcky používat. To však může být časově velmi náročné, proto se často stává, že jsou pacienti edukováni nedostatečně. Bývá pravidlem, že snaha o dobrou kompenzaci diabetu je doprovázena zvýšenou četností používání léčebných pomůcek, jako např. vyšší spotřebou diagnostických proužků do glukometru, častější výměnou infuzních setů atd. S rostoucím počtem získaných diagnostických a terapeutických hodnot získává pacient i lékař lepší přehled o průběhu léčby. Existují však limity ze strany zdravotních pojišťoven, které pacientům nedovolí používat pomůcky tak často, jak by potřebovali. Jedinou variantou řešení je nákup spotřebního materiálu z vlastních zdrojů. V současné době mají diabetici I. typu nárok na 1000 ks testovacích proužků do glukometru ročně, což nepřipadá ani na 3 měření denně. Jako velmi efektivní pomůcka pro získání komplexního přehledu o glykemických trendech se jeví kontinuální monitor glykemie.

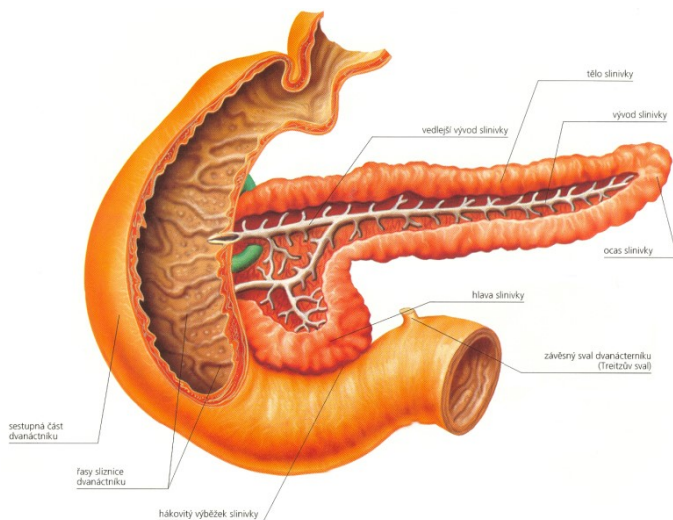
Jako základní prostředek pro analýzu a vyhodnocení patientských slouží diabetický deník, který často poskytují pacienti svým ošetřujícím lékařům v papírové podobě. Lze však využít výpočetní techniky v kombinaci s vhodnou aplikací ke zvýšení efektivity vyhodnocení a to bez nutnosti konzultace s lékařem. Vývoj takové aplikace bude stěžejní částí této bakalářské práce.

3 Diabetes mellitus

DM je civilizační choroba a chronické onemocnění, které vzniká v důsledku absolutního nebo relativního nedostatku inzulínu produkovaného slinivkou břišní, případně kombinací obou zmíněných. V obou případech dochází k narušení transportu glukózy z krevního oběhu do buněk. Důsledkem toho dochází ke zvýšení hladiny glukózy v krvi (hyperglykémii). V současné době je v České republice evidováno přes 800 000 diabetiků a stále dochází k výraznému nárůstu nově diagnostikovaných pacientů. Mezi nejčastější indikátory DM patří nadměrná žízeň spojená s nadměrným močením, nechutí k jídlu, únavou či úbytkem hmotnosti. V zásadě lze rozdělit na DM1, DM2 a gestační DM (viz kapitola 3.3) [9].

3.1 Anatomie pankreatu

Slinivka břišní (lat. pancreas) je 12–16 cm dlouhý orgán o hmotnosti 60–90 g, uložen za žaludkem mezi duodenem a slezinou. Lze rozlišit na tři hlavní úseky – hlava, tělo a ocas pankreatu. Skládá se z exokrinní a endokrinní žlázy. Endokrinní složka pankreatu (lat. pars endocrina pancreatis) je tvořena 1–2 miliony buněčnými ostrůvky, které jsou roztroušeny v exokrinní složce pankreatu. Jedná se o tzv. Langerhansovy ostrůvky, u kterých rozlišujeme více druhů buněk (α -buňky, β -buňky a δ -buňky), přičemž každá z těchto buněk plní odlišnou fyziologickou funkci [11].



Obrázek 2: anatomický popis slinivky břišní [6]

3.1.1 α -buňky a β -buňky

Langerhansovy ostrůvky se začínají objevovat ve tkáních pankreatu od 3. měsíce nitroděložního vývoje a přibližně v 5. měsíci vývoje začíná produkce inzulínu. Přibližně 20 % buněk Langerhansových ostrůvků tvoří α -buňky, které zpravidla bývají uloženy na periferii ostrůvku. Buňky obsahují α -granuly (proto název α -buňka), pomocí kterých je produkován polypeptidový hor-

mon glukagon. Dalších 60–80 % Langerhansových ostrůvků tvoří β -buňky (obsahující β -granuly), které jsou uloženy zpravidla v nitru ostrůvku. Produktem β -buněk je polypeptidový hormon inzulin, který snižuje hladinu glukózy v krvi zvyšováním příjmu glukózy v játrech a syntézou glykogenu [11].

3.2 Fyziologie

Organismus přijímá živiny, minerály, vitamíny a další komponenty ze zevního prostředí ve formě potravy. Jednotlivé složky potravy jsou nezbytné pro život organismu, adaptační děje, rozmnožování atd. Pro efektivní využití všech složek potravy musí být nejprve mechanickým a chemických způsobem zpracovány. O tento proces trávení a vstřebávání se starají funkce gastrointestinálního traktu (GIT). Mezi funkce tohoto systému můžeme také zařadit ukládání některých látek do zásob.

3.2.1 Inzulin

Produkce inzulinu, respektive jeho sekrece je podmíněna hladinou krevního cukru (glykemií). Při překročení hranice přibližně 5,5 mmol/l dochází k jeho sekreci v Langerhansových ostrůvcích. Denně se u zdravých jedinců vyprodukuje přibližně 50 jednotek inzulinu. Účinek inzulinu spočívá ve snižování glykemie tím, že usnadňuje glukóze vstup do buněk, ale také zvyšuje produkci glykogenu, což vede k ukládání zásob glukózy ve formě jaterního glykogenu. V poslední fázi účinků inzulinu dochází ke stimulaci tvorby tuku. Hlavním místem působení jsou játra, svalová tkáň a tuková tkáň. Nadbytečná produkce inzulinu způsobuje hypoglykemii a v opačném případě nedostatečná produkce inzulinu (absolutní i relativní) má za následek hyperglykemii, tzn. vede k onemocnění diabetes mellitus [8, 7, 10].

3.2.2 Glukagon

Hodnota glykemie je evidována tzv. glukoreceptory nacházející se v hypotalamu a na periferiích (a. femoralis, a. carotis int.). Sekrece glukagonu je započata současně s vznikem hypoglykemie, tzn. při poklesu glykemie pod hodnotu přibližně 3,5 mmol/l. Jeho účinek spočívá v glykogenolytickém procesu, při kterém dochází ke štěpení jaterního glykogenu zpět na glukózu, která zajistí po vstřebání do krevního oběhu zvýšení glykemie. Tím dojde k její normalizaci a ustálení v referenčním rozsahu. Lze tedy tvrdit, že inzulin a glukagon mají přesně opačný vliv na hodnotu glykemie. Podobné účinky na glykemii jako glukagon má také např. hormon adrenalin či somatotropní hormon [10].

3.2.3 Glykovaný hemoglobin HbA_{1C}

Hemoglobin je protein, který je součástí erytrocytů (červených krvinek). Jeho hlavní funkcí je přenos krevních plynů, zejména kyslíku, do všech buněk v těle. Jednou z vlastností hemoglobinu je schopnost vázat na sebe cukry, které se v krvi vyskytují ve formě glukózy. Po proběhnutí této

vazby vzniká glykovaný hemoglobin. V závislosti na množství glukózy v krvi se naváže odpovídající množství hemoglobinu. Vazba glukózy s hemoglobinem trvá po celou dobu života červené krvinky, což je přibližně 120 dnů. Z tohoto důvodu se glykovaný hemoglobin označovaný zkratkou HbA_{1C} stal velmi dobrým a hojně využívaným ukazatelem kompenzace diabetu za poslední 2–4 měsíce. Hodnoty se vyjadřují v procentech nebo jednotkách mmol/mol a udávají množství glykovaného hemoglobinu z celkového množství hemoglobinu v krvi. U diabetiků léčených inzulínem je HbA_{1C} kontrolován 2–4x ročně a u diabetiků léčených PAD alespoň 1x ročně. V tabulce [1] je uvedeno rozdělení hodnot dle stupně kompenzace diabetu [14, 35].

3.3 Rozdělení typů onemocnění diabetes mellitus

3.3.1 Diabetes mellitus I. typu

Tento typ DM se nejčastěji projevuje u lidí do 30 let věku. Může se ovšem objevit prakticky v jakémkoli věku. Mezi typické příznaky patří žízeň, časté močení, únava, podrážděnost, celková slabost či nevolnost. Při onemocnění DM1 vzniká absolutní nedostatek inzulínu v těle, tzn. buňky pankreatu neprodukují žádný inzulín, nebo jen velmi nepatrné množství. Je to způsobeno autoimunitní chybou organismu, při kterém imunitní systém „napadne“ vlastní tkáň, v tomto případě inzulín produkující β -buňky ve slinivce břišní. Toto onemocnění v současné době nelze běžně dostupnými metodami vyléčit, a proto je z důvodu zachování správného hospodaření s cukry nutné nahradit přirozenou funkci β -buněk jiným způsobem. To spočívá v podávání uměle vyrobeného inzulínu, a to buď inzulínovým perem, nebo inzulínovou pumpou. Odtud také odvozen anglický název IDDM (diabetes mellitus závislý na inzulínu). Cílem léčby je přiblížit se průběhem glykemické křivky zdravému člověku a umožnit diabetikům žít plnohodnotný život. V případě neléčení nebo nedostatečné léčby je pacient vystaven riziku vzniku sekundárních komplikací DM, nebo v krajním případě smrti [14, 15].

3.3.2 Diabetes mellitus II. typu

Druhý typ DM má zcela odlišné příčiny vzniku, než je tomu u DM1. Vlohy k tomu, zda člověk onemocní jsou dědičné, ovšem existují faktory, které může člověk sám ovlivnit a případnému vzniku nemoci zabránit. Příznaky jsou obdobné jako u prvního případu. DM2 se rovněž vyznačuje zvýšenou hladinou glukózy v krvi, což je způsobeno nedostatečnou produkcí inzulínu, nebo může být způsoben nedostatečným účinkem a sníženou citlivostí inzulínu na svaly, tukovou tkáň a játra (tzv. inzulínová rezistence). Mezi příčiny, které vedou ke vzniku DM2 a jsou člověkem ovlivnitelné patří:

- kouření,
- nadváha a obezita,
- nedostatek pohybu,

- nevhodné složení stravy a nepřiměřené porce,
- stres.

Cílem léčby je stejně jako v předchozím případě snaha o normalizaci glykemické křivky jako u zdravého člověka se snahou vést stejně kvalitní a plnohodnotný život. Léčba se liší dle závažnosti a povahy onemocnění a v některých případech je dostačující zavedení dietního opatření, v některých případech je kladen důraz na fyzickou aktivitu a je vytvořeno pohybové a režimové opatření. V případě, že jsou předešlá dvě opatření nedostatečná, je nezbytné zahájit medikaci ve formě tablet (antidiabetik). V některých případech je léčba stanovena kombinací podáváním antidiabetik a aplikací inzulínu do podkoží [13, 14].

3.3.3 Gestační diabetes

Těhotenská cukrovka označována jako gestační diabetes nejčastěji vzniká po 24. týdnu těhotenství. Jedná se o poruchu metabolismu cukrů, která je obdobná jako u DM2. Mezi kritéria vzniku gestačního diabetu patří:

- věk nad 30 let,
- DM v rodině,
- nadváha,
- kouření,
- předchozí porod plodu nad 4000 g.

Krevní oběh matky a plodu je spojen pomocí placenty, díky které jsou dítěti transportovány veškeré látky nezbytné pro vývoj. Placenta je propustná, ovšem neplatí to pro všechny látky. Ty, které mají příliš velkou molekulu se přes placentu nedostanou. Glukóza je díky velikosti molekuly volně průchodná, ale inzulin již ne. Z tohoto důvodu je v krevním oběhu plodu stejné množství glukózy jako v krevním oběhu matky, ale s touto glukózou se musí metabolismus cukrů plodu vypořádat sám. Při zvýšené glykemii matky tedy musí plod reagovat zvýšenou produkcí inzulínu a neustálý nadbytek glukózy vede k ukládání tukových zásob. To vede k nepřiměřenému narůstání váhy plodu (až 5000 g), jenž je problematické při porodu. Po porodu ovšem gestační diabetes končí, avšak ženy, které jej prodělaly mají vysokou pravděpodobnost, že za pět až deset let onemocní DM2 [13, 14, 15].

3.4 Léčba

Pro úspěšnou léčbu a uspokojivou kompenzaci se předpokládá důsledné dodržování lékařem doporučených opatření, jako např. pravidelné měření glykemie, dietní režim, správná aplikace inzulínu či přiměřená fyzická aktivita. Každý pacient by měl od svého ošetřujícího lékaře obdržet pomůcky, které jsou nezbytně nutné pro léčbu diabetu. Pro diagnostiku a vlastní kontrolu glykemie (selfmonitoring) je to glukometr, pro kontrolu přítomnosti glukózy a ketolátek v moči se používají indikační proužky DiaPhan. Samozřejmostí jsou také prostředky pro aplikaci inzulínu, ať už se jedná o inzulínová pera či inzulínovou pumpu s veškerým spotřebním materiálem. Pacient i lékař by měl mít vždy přehled o tom, zda je diabetes léčen správně. V opačném případě musí na základě retrospektivní analýzy dat z diabetického deníku rozhodnout o změně léčby a úpravě režimu. V tabulce níže jsou uvedena vybraná kritéria kompenzace diabetu [12, 13, 14].

Tabulka 1: kritéria kompenzace diabetu [12, 15]

kritérium	kompenzace	hodnota
glykemie nalačno	výborná uspokojivá neuspokojivá	4,0–6,0 mmol/l 6,0–7,0 mmol/l nad 7,0 mmol/l
glykemie hodinu po jídle	výborná uspokojivá neuspokojivá	5,0–7,5 mmol/l 7,5–9,0 mmol/l nad 9,0 mmol/l
glykovaný hemoglobin HbA _{1C}	výborná uspokojivá neuspokojivá	pod 4,5 % 4,5–6,0 % nad 6,0 %
krvní tlak	výborná uspokojivá neuspokojivá	do 125/75 mmHg do 130/80 mmHg nad 130/80 mmHg
BMI (kg/m ²)	výborná uspokojivá neuspokojivá	muži 21–25 ženy 20–24 muži 25–27 ženy 24–26 muži nad 27 ženy nad 26

3.4.1 Selfmonitoring

Představuje vlastní kontrolu glykemií ve stanovených intervalech. Hodnota glukózy v krvi má schopnost se relativně rychle měnit, proto nelze z jedné naměřené glykemie zhodnotit průběh větší části glykemické křivky a celkovou úspěšnost léčby. S rostoucím počtem vzorků glykemií získávají tyto hodnoty větší váhu a lze snadněji získat představu o průběhu glykemie. Z pravidla se pomocí selfmonitoringu kontroluje tzv. osmi nebo čtyřbodový glykemický profil, někdy také nazývaný malý a velký glykemický profil.

Tabulka 2: osmibodový glykemický profil [12]

osmibodový glykemický profil
před snídání
hodinu po snídání
před obědem
hodinu před obědem
před večeří
hodinu po večeři
ve 22 hodin
ve 4 hodiny ráno

Tabulka 3: čtyřbodový glykemický profil [12]

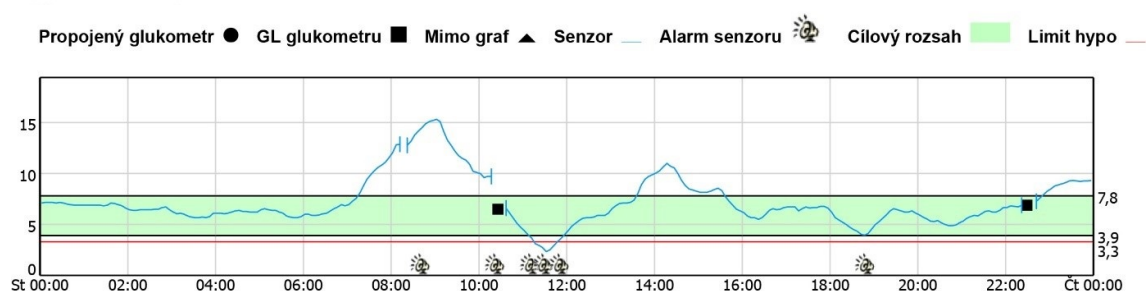
čtyřbodový glykemický profil
před snídání
před obědem
před večeří
ve 22 hodin

Bez provedeného selfmonitoringu není pacient schopen správně určit dávku inzulínu a tím je vystaven riziku vzniku hypoglykemie nebo hyperglykemie. Za nejčteněji používaný diagnostický přístroj pro stanovení glykemie lze považovat osobní glukometr. Standardním příslušenstvím glukometrů bývají testovací proužky a odběrové lancety. Pro stanovení hodnoty glykemie je zapotřebí odebrat nepatrné množství periferní krve (jedná se řádově o desetiny až jednotky μl), nejčastěji z boční části bříška prstu. Možný je také odběr z alternativních odběrových míst, jako jsou paže a stehna. Současné glukometry využívají fotometrickou a elektrochemickou metodu pro vyhodnocení glykemie. Výsledek měření je k dispozici řádově během několika jednotek sekund. Rozsah měření se liší dle modelu glukometru od 0,6 mmol/l do 33,3 mmol/l [12, 36].

3.4.2 Kontinuální měření glykemie

Kompletní přehled o průběhu glykemické křivky je možno získat provedením kontinuálního monitoringu glykemie (CGM). Měření je prováděno pomocí snímače zavedeného do podkoží kolmo nebo pod úhlem 45° . Z důvodu bezdrátové komunikace mezi senzorem a zobrazovacím zařízením je dále k měření zapotřebí vysílač. Jako koncové zobrazovací zařízení může v současné době sloužit samotná inzulinová pumpa, mobilní telefon nebo zařízení přímo tomu určené. Senzory k CGM pracují na elektrochemickém principu, kdy elektrody zavedené do podkoží jsou pokryty velmi tenkou vrstvou enzymu glukózo oxidázy. Díky přítomnosti tohoto enzymu probíhá při přístupu glukózy z intersticiální tekutiny chemická reakce, při které vzniká napěťový potenciál, který je snadno měřitelný. Velikost potenciálu je závislá na množství glukózy v krvi a speciálním algoritmem je převedena na výslednou hodnotu glykemie. Nevýhodou této diagnostické metody je časový posun v reálné a naměřené glykemii, který je přibližně 15 minut. Tato prodleva je způ-

sobena zpožděnou změnou glykemie v intersticiální tekutině oproti periferní či arteriální krvi [16].

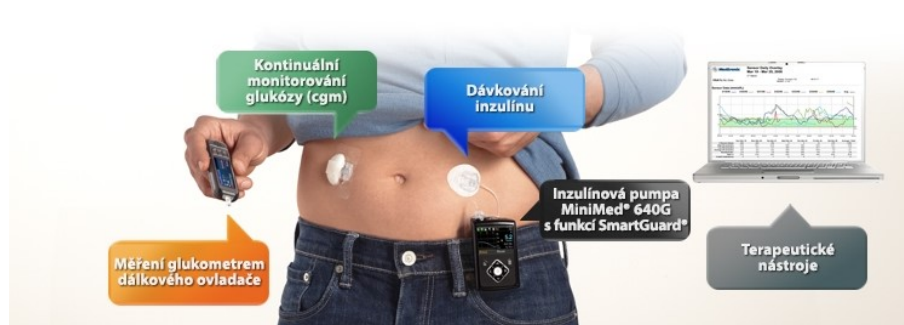


Obrázek 3: ukázka glykemické křivky v průběhu dne [26]

Velkou výhodou je schopnost tohoto systému odhalit rychlé změny glykemie, které by pomocí měření glukometru nebyly odhalitelné. Tyto výkyvy mohou být příčinou neuspokojivé kompenzace diabetu, i když glykemie získané selfmonitoringem mohou vykazovat uspokojivé výsledky. V současné době existují na českém trhu dva dodavatelé CGM. Každá z nich používá vlastní vyhodnocovací programy, senzory i vysílače a žádná z těchto komponent není zaměnitelná s konkurenčním systémem. Limitem použití těchto technologií může být omezení odběru spotřebního materiálu potřebných pro měření ze strany zdravotní pojišťovny a relativně velké finanční náročnosti při hrazení ze svých nákladů [16].

Medtronic

Systém kontinuální monitorace glukózy vyvinutý společností Medtronic měří koncentraci glukózy v intersticiální tekutině co 10 sekund. Každých 5 minut tyto hodnoty zprůměruje a odešle přes vysílač do koncového zařízení, což odpovídá až 288 glykemiím za 24 hodin. Pro zajištění správného měření je nutno systém co 12 hodin kalibrovat hodnotou glykemie získanou pomocí glukometru. Měřicí rozsah senzoru je 2,2–22 mmol/l. Inzulinové pumpy vyráběné společností Medtronic jsou schopny přímo komunikovat se senzorem CGM a mezi funkce nejnovějších pump patří predikce blížící se hypoglykemie s reakcí ve formě okamžitého zastavení bazálního výdeje inzulinu [16, 29].



Obrázek 4: měřicí a terapeutický systém společnosti Medtronic [29]

Společnost Medtronic vyvíjí vlastní terapeutický software CareLink pro synchronizaci a vyhodnocení naměřených dat. Výstupem mohou být denní či týdenní souhrny, zobrazení trendů, porovnání denních hodnot ze senzoru mezi sebou a nechybí také export dat ve formátu .csv pro využití možnosti další analýzy hodnot pomocí jiného softwaru.

Dexcom

Společnost Dexcom vyrábí pouze senzory a vysílač k CGM, ale v součinnosti se společností Animas Corporation vznikl obdobný měřicí systém taktéž propojený s inzulínovou pumpou. Pro zobrazení dat v reálném čase je možno využít přijímač, který je k tomu přímo určený. Mezi funkce tohoto přijímače patří zobrazení trendových šipek nebo selekce hodnot za různé časové období. Stejně jako konkurenční systém zobrazuje glykemie každých 5 minut a je nutné jej 2x denně kalibrovat. Rovněž měřicí rozsah je shodný, a to 2,2–22 mmol/l. Pro vyhodnocení a analýzu dat tento měřicí systém využívá software Dexcom Studio. Oba měřicí systémy pracují obdobným způsobem, mírně rozdílné je provedení samotného senzoru, jehož provozní doba je o den delší než u konkurenčního systému. Srovnání senzorů je uvedeno v tabulce 4 [16, 30, 37].



Obrázek 5: inzulínová pumpa Animas Vibe a CGM Dexcom G4 [30]

Tabulka 4: srovnání senzorů Enlite a Dexcom G4 Platinum [32]

název senzoru	Enlite	Dexcom G4 Platinum
výrobce senzoru	Medtronic	A-import
délka jehly senzoru	10,5 mm	12 mm
úhel při zavádění senzoru	90	45
doba použitelnosti senzoru	6 dní	7 dní
kalibrace pomocí glukometru	2x denně při stabilní glykémii	2x denně – stabilita glykémie nerozhoduje
aktualizace	každých 5 minut	každých 5 minut

3.4.3 Terapeutické pomůcky

Nezbytnou součástí režimu při léčbě diabetu je podávání léků. Léčebné režimy se liší dle typu diabetu, ale i tak má prakticky každý pacient odlišnou citlivost na inzulin, která se v průběhu dne může měnit, jiné stravovací zvyklosti, stresující či fyzicky náročné zaměstnání, koníčky atd. a z toho důvodu je nutný lékařský individuální přístup ke každému pacientovi a důkladné nastavení léčby. Neexistuje žádný univerzální návod či vzorec na výpočet dávkování inzulinu. Při intenzifikovaném inzulinovém režimu při onemocnění DM1 se zavádí léčba inzulinovou pumpou nebo inzulinovými pery [12, 13].

Inzulinová pumpa

Jedná se o drobné elektronické zařízení sloužící k dávkování inzulinu tak, aby byla co nejvíce napodobena přirozená funkce zdravé slinivky břišní. Současné modely inzulinových pump jsou vybaveny ovládacími tlačítky sloužící k obsluze zařízení a zobrazovací jednotkou. Dále je samozřejmostí slot na baterii a oddíl pro zásobník s inzulinem. Dle konkrétního typu pumpy je velikost zásobníku na inzulin až 3 ml, což odpovídá 300 IU. Inzulin je do těla podáván do podkoží skrze hadičku napojenou na infuzní set. V současné době je na trhu řada infuzních setů v různých provedeních kanyl a hadiček. Stále častěji se pak přistupuje k samozaváděcím mechanismům (menší bolestivost, eliminace chybného zavedení atd.) [29, 30, 33].



Obrázek 6: inzulinová pumpa se spotřebním materiálem [29]

K léčbě inzulinovou pumpou je zapotřebí těchto komponent:

1. inzulinová pumpa
2. zásobník na inzulin
3. infuzní set s hadičkou
4. zavaděč infuzního setu

Při léčbě inzulinovou pumpou se obvykle využívá režimu bazál-bolus. V systému je nastavena pevná bazální dávka, která pokrývá bazální potřebu organismu. Jedná se o velmi malé dávky inzulinu (řádově μl) s pravidelným intervalem výdeje každé 3 minuty. Tuto dávku lze libovolně měnit např. při sportování, kdy je spotřeba inzulinu menší, nebo naopak zvyšovat při onemocnění atd. Mezi nejnovější funkce inzulinových pump patří za předpokladu použití CGM zastavení bazálního výdeje při predikci vzniku hypoglykemie [38, 39].

Bolusové dávky zajišťují pokrytí jídel inzulinem tak, aby nedošlo k výraznému vzestupu glykemie po jídle (ideálně aby k žádnému vzestupu glykemie nedošlo). Tyto dávky se zadávají výhradně manuálně podle aktuální potřeby pacienta. Mezi funkce inzulinových pump patří rozložený bolus, tzn. rozložení bolusové dávky do delšího časového úseku nebo kombinovaný bolus, který lze v nastaveném poměru aplikovat ihned a zbylou část po delším časovém úseku. Bolusovou dávku lze také použít při aplikaci korekční dávky při hyperglykemii [12, 39].

Jako hlavní uváděné výhody inzulinové pumpy patří zlepšení kompenzace diabetu, snížení celkové dávky inzulinu, zmírnění denního režimu a větší flexibilita, snížení pravděpodobnosti vzniku primárních i sekundárních komplikací diabetu. Léčba inzulinovou pumpou má samozřejmě i řadu negativ. Mezi ně patří cenová náročnost, možnost špatné snášenlivosti zavedených infuzních setů, ohrožení pacienta hyperglykemií případně ketoacidózou způsobenou zalomením nebo neprůchodností infuzního setu. Taktéž se musí počítat s tím, že inzulinovou pumpu je potřeba stále nosit u sebe, protože lze odpojit pouze na nezbytně nutnou dobu. To může být problém při některých zaměstnáních, kdy inzulinová pumpa a hadička z ní vedoucí může představovat estetický problém [38, 39].

Z důvodu velmi častého aplikování inzulinu se v inzulinových pumpách výhradně používají analogové inzuliny, které začínají působit velmi rychle a to do 10 minut od podání, za 30 minut dosahují vrcholu účinku a přibližně po 4 hodinách účinek odeznívá. V současné době se používají inzuliny o koncentraci 100 IU/1 ml [33].

Inzulinová pera

V případě zavedení intenzifikovaného režimu na inzulinových perech je k aplikaci využíván aplikátor zdánlivě připomínající psací pero. Tyto zařízení pracují převážně na mechanickém principu, ale u modernějších zařízení se již také využívá elektroniky (např. paměť posledních dávek). Na špičce vrchní části se nachází otočný volič dávky, ve spodní části potom ampulka s roztokem inzulinu zakončená jehličkou [14, 40].



Obrázek 7: inzulinové pero [31]

Při nastavení režimu na inzulinových perech lze používat odlišné inzuliny než u inzulinových pump. Odlišná je především jejich charakteristika účinnosti. Velmi často se využívá kombinace dvou inzulinů, přičemž jeden z nich má relativně rychlý nástup účinku a dobu působení okolo 6 hodin a druhý inzulin má velmi pozvolný nástup účinku a dobu působení až 24 hodin (je to obdoba bazální dávky na inzulinové pumpě). Při tomto režimu je první ze zmíněných inzulinů aplikován 3x denně (před snídaní, před obědem a před večeří) a druhý inzulin nejčastěji 1x denně před spaním nebo okolo 22. hodiny.

Výhodou používání inzulinových per jsou nízké náklady na provozování léčby a jednoduchost použití. Nevýhodou tohoto systému může být nechtěná záměna „pomaleho“ inzulinu za „rychlý“ nebo naopak, nutnost stále dodržovat denní režim zahrnující pravidelnou stravu, aplikace inzulinu v pravidelných časových rozestupech atd. S použitím inzulinových per také roste počet vpichů (může být až 6 denně) a tím se zvyšuje riziko vzniku destrukcí kůže a podkoží (lipodystrofie). Jedinou prevencí je časté střídání míst vpichu [12, 14, 40, 41].

3.5 Akutní a chronické komplikace diabetu

Tyto komplikace vznikají v případě, když probíhají velké výkyvy hladiny cukru v krvi, nebo když je kompenzace diabetu neuspokojivá. Nebezpečné jsou rychlé přechody mezi hyperglykemií a hypoglykemií. Ideální hodnoty glykemie jsou v rozmezí 4,5–7,5 mmol/l. Rychlé výkyvy mohou vést ke komplikacím dvojího typu, a to akutní komplikace, které vznikají náhle a ohrožují pacienta na životě, nebo sekundární (chronické) komplikace, které nastávají opakovaným výskytem hyperglykemie a jsou již trvalé [12, 15].

3.5.1 Akutní komplikace

Mezi akutní komplikace diabetu patří hypoglykemie a vzácnější diabetická ketoacidóza. Tyto stavy přímo ohrožují pacienta na životě, takže je potřeba je okamžitě řešit.

3.5.1.1 Hypoglykemie

Jedná se o pokles glykemie pod hranici normální hodnoty, tedy 3,3 mmol/l. Mezi nejčastější příčiny vzniku patří:

1. neodhadnutí dávky aplikovaného inzulínu, ve smyslu příliš nadměrné dávky,
2. vzácně se může objevit při tzv. remisi, kdy po čerstvě při diagnostikovaném DM část β -buňek vykazuje nepatrnou činnost, takže dochází k interferenci mezi biologickým inzulínem a aplikovaným inzulínem,
3. nedostatečná porce jídla, nedostatečný příjem sacharidů,
4. střevní potíže, zvracení,
5. nezvykle mnoho pohybu,
6. konzumace alkoholu.

Hypoglykemie je doprovázena nepříjemnými příznaky, které lze rozdělit do dvou stupňů. Při prvním stupni, který se projevuje bušením srdce, pocením, zblednutím, třesem rukou, neklidem a pocitem úzkosti, se organismus snaží hypoglykémii regulovat zvýšením produkce adrenalinu. Po určité době trvání hypoglykemie a dalším poklesu glykemie nastupuje druhý stupeň, kdy se projevuje nedostatečné zásobení mozku glukózou. Do této skupiny patří zmatenost, spavost v nezvyklou dobu, porucha vidění, špatně srozumitelná řeč, vrávoravá chůze, agresivita, neobvyklé chování. Při nerozpoznání této skupiny příznaků dochází až k bezvědomí a bez pomoci jiných osob je pacient ohrožen na životě [15].

3.5.1.2 Ketoacidóza

Tato komplikace je vzácnější než hypoglykemie, ale také nebezpečnější. Spočívá ve vystupňované neschopnosti organismu zpracovat hromadící se krevní cukr. Mezi nejčastější příčiny vzniku patří:

1. absolutní nedostatek inzulínu,
2. infekce, cévní příhody, závažné operace a úrazy.

Diabetická ketoacidóza má podobné příznaky jako hyperglykemie, kdy jsou navíc přítomny slabost, závrať, zvracení, nevolnost, poruchy vědomí a dušnost. Tyto stavy jsou závažné a je důležité ihned vyhledat lékařskou pomoc [12].

3.5.2 Chronické komplikace

3.5.2.1 Nefropatie

Jedná se o poškození glomerulů v ledvinách, které pomáhají filtrovat určité látky v krvi z těla pryč. Díky poškození glomerulu dochází k propustnosti látek, které by za normálních okolností

nemohly projít. Při prvním výskytu tedy dochází k mikroalbuminurii, což znamená, že se v moči nachází větší množství albuminu. Pokud se poškození glomerulů prohlubuje a v moči je stále více albuminu, jedná se o tzv. makroalbuminurii. Glomerulus se může postupně zaplnit nefunkčními hmotami a tím dochází k přerušení průtoku krve. Z tohoto důvodu dochází k zániku glomerulů, tedy k postupnému selhávání ledvin. K nefropatii dochází díky hyperglykemii nebo díky vrozeným vlohům. Nefropatie se projevuje pouze u jedné třetiny lidí s diabetem. Prevencí je vyšetření tzv. mikroalbuminurie. Pokud se mikroalbuminurie potvrdí, je dalším krokem regulace glykemických hodnot. Při pokročilejší nefropatii jsou doporučena dietní opatření, která mohou nefropatii zmírnit. Pakliže dojde k selhání ledvin, dochází k transplantaci nebo léčení umělou ledvinou. Pokud se hodnoty glykemie podaří regulovat, poškození ledvin se nebude prohlubovat, dokonce lze docílit obnovy do původního stavu. Současně je důležité kontrolovat krevní tlak, protože hypertenze může značně ovlivnit vývoj nefropatie [15].

3.5.2.2 Retinopatie

Jedná se o nenapravitelné poškození sítnice, kdy na sítnici vzniká mikroaneurysma, které je zapříčiněné tlakem protékající krve v místě oslabené cévní stěny. Mikroaneurysmata disponují tenkou stěnou a jsou málo pevná, proto může dojít k prasknutí. Krev, která je v nich obsažena, se rozlije do okolí a po určité době se vstřebává. Na těchto místech vznikají jizvy, které ve větším množství zapříčiňují poškození zraku. Prevencí retinopatie jsou pravidelné kontroly očním lékařem. Pakliže lékař objeví začínající retinopatii, je důležité provést ustálení hodnot glykemie. Pokud se retinopatie zhoršuje, může pomoci laserová fotokoagulace. Tato metoda je však pouze dočasná [15].

3.5.2.3 Neuropatie, diabetická noha

Diabetická neuropatie je neznámé poškození periferních (somatických) nebo autonomních nervů. Projevuje se sníženou citlivostí a bolestí nejčastěji u dolních končetin, ale mohou se objevit i v trávicím a močovém ústrojí nebo v srdci a cévách. Nejčastějšími příčinami je hyperglykemie, genetické faktory a nadměrné kouření. Pacienti trpí na tzv. diabetickou nohu. Pozdní diagnostika pak může vést k amputaci končetiny. Pacienti s příznaky diabetické nohy mohou pociťovat snížené vnímání bolesti, tepla a chladu, dále brnění, pálení, píchání, mravenčení, obtíže s udržení rovnováhy a koordinace, svalovou slabost, suchou a tenkou kůži na končetinách. Dalšími příznaky je bolest v hýždích a stehnech. Léčba je založena především na prevenci a zpomalení rozvoje neuropatie. Prevencí diabetické neuropatie je správná kompenzace diabetu, důkladná hygiena nohou a pravidelná fyzická aktivita. Důsledkem neuropatie je špatné hojení ran, snížená vnímavost hypoglykemie, ztráta regulace krevního tlaku, porucha regulace tělesné teploty. Léčba neuropatie je obtížná a vyžaduje se zejména správná kompenzace diabetu. Bolest se léčí pomocí antiepileptik, antidepresiv nebo pomocí speciálních mastí. Další metodou léčení může být akupunktura [15].

4 Realizace diabetického deníku v programovacím jazyce C#

Pro realizaci diabetického deníku bylo využito vývojové prostředí Microsoft Visual Studio 2015, které podporuje několik programovacích jazyků. Visual Studio standardně obsahuje editor kódu, designer a debugger. Jako programovací jazyk byl zvolen C# za pomoci knihovny tříd pro tvorbu grafického rozhraní WPF (Windows Presentation Foundation). Pro grafické zpracování a evaluaci hodnot byla využita knihovna LiveCharts a OxyPlot, která podporuje export vytvořených grafů do vybraných obrazových formátů. Visual Studio podporuje tvorbu aplikací po různé operační systémy včetně mobilních. Vytvořená aplikace je určena pro operační systém Microsoft Windows. Jednotlivé funkce jsou navrženy tak, aby byly splněny standardní potřeby pro zápis, uchování a interpretaci dat pacientům léčeným převážně pro DM1. Vytvořený software mohou využívat také pacienti s DM2 nebo těhotné ženy s gestačním diabetem, ovšem ve většině případů jsou moduly pro evidenci dávek inzulínu pro tyto pacienty nepřínosné, protože nemusí být léčeni inzulínem ani perorálními antidiabetiky. V praxi mohou pacienti funkce využívat pro lepší kontrolu krátkodobých či dlouhodobých trendů. S pomocí modulu „Kuchařka“ mohou lépe kontrolovat obsah jednotlivých složek stravy, přičemž u pacientů s DM je největší důraz kladen na podíl sacharidů a cukrů. Statistiky vygenerované na základě vložených dat mohou také posloužit ošetřujícímu diabetologovi pro snadnější analýzu celkové léčby. Na jejich základě může také lékař účinněji navrhnout změnu v léčbě.

4.1 Prostředí .NET a C#

Vysokoúrovňový, objektově orientovaný programovací jazyk C# byl v roce 2000 představen a vyvinut společně s vývojovým prostředím .NET společností Microsoft. V roce 2002 byla vydána první verze jazyka C# 1.0 společně s .NET Frameworkem 1.0, pro který je tento jazyk výhradně určen. Postupem času docházelo k rozšiřování jazyka o další specifické funkce až po současnou verzi C# 6 z roku 2015. Jedná se o programovací jazyk, jehož prameny pochází z jazyku C++ a Java, z čehož také vychází obdobná pravidla pro zápis a definici symbolů tak, aby měl zdrojový kód korektní strukturu. Objekt si lze představit jako cokoliv, co lze fyzicky napodobit v reálném světě, nebo se může jednat pouze o virtuální předmět. Každý z těchto objektů je složen z dat, které daný objekt popisují a z událostí, které pomocí něj můžeme vykonat [18, 19].

.NET framework se skládá z dílčích částí a jako celek tvoří prostředí pro běh programů na různých platformách. Jedná se o vrstvu, která je vložena mezi operační systém Windows a programy, pomocí kterých lze provádět objektově orientované programování a spouštění zdrojového kódu. Také .NET prochází neustálým vývojem. Jeho poslední verzí je v současné době verze 4.6.1 vydaná v roce 2015. Při programování na této platformě lze využít více programovacích jazyků, např. Visual Basic .NET, C++ nebo Object Pascal [17, 19].

4.2 Použité knihovny

4.2.1 SQLite

Relační databázový systém SQLite podporuje mnoho programovacích jazyků včetně použitého C#. Jak už je z názvu patrné, jedná se o poměrně malou knihovnu, která v sobě implementuje standardní SQL jazyk. V porovnání se standardní verzí je systém soběstačný a pro běh knihovny není zapotřebí server, protože přístup k databázi a zápis dat je umožněn přímo z databázových souborů uložených na pevném disku. Knihovna je volně šiřitelná a není ji potřeba před použitím jakýmkoli způsobem instalovat, konfigurovat nebo nastavovat. Databázový systém SQLite není vhodný pro práci s velkými databázemi obsahující větší množství tabulek. V případě menších projektů, mezi které patří i navržený diabetický deník, bude výkon tohoto systému plně dostatečný [23].

SQLite také splňuje vlastnosti ACID:

- atomicity (atomicita),
- consistency (konzistence),
- isolation (izolovatelnost),
- durability (trvanlivost).

Atomicita zajišťuje, aby se zadaná operace v databázi provedla najednou a nemohla být ničím přerušena. Konzistence, nebo taky integrita databáze zavádí integritní omezení, která zajišťují uchování správných informací, a naopak odstranění nežádoucích nebo smazaných položek. Izolovanost dat chrání vnitřní transakce před ostatními vnějšími operacemi. V případě, že je do transakce zasaženo, dojde k jejímu vrácení. Trvanlivost dat se stará o uložení dat po úspěšných transakcích, aby nemohla být ztracena. SQLite podporuje také všechny příkazy jazyka SQL, mezi které patří i příkazy pro manipulaci s daty. Nejčastěji se příkazy označují zkratkou CRUD:

- create (vyvtoření),
- read (čtení),
- update (editace),
- delete (odstranění).

Výše zmíněné operace jsou reprezentovány příkazy INSERT, SELECT, UPDATE a DELETE [20, 23].

4.2.2 WPF

Aplikační subsystém Windows Presentation Foundation se v platformě .NET objevil ve verzi 3.0 v roce 2006. V některých případech se WPF používá v kombinaci s programovacím jazykem C# a značkovacím jazykem XAML. Jedná se o doplněk pro komplexní tvorbu formulářových aplikací s velkou škálou jednotlivých komponent a jejich stylů. V případě chybějící komponenty podporuje také možnost vytvořit vlastní. Skládá se z grafického designeru, pomocí kterého zajišťujeme rozložení jednotlivých prvků, jejich velikost, pozici atd. Visual Studio dále obsahuje okno Document outline pro zobrazení použitých komponent v aktuálním designeru, okno pro popis prvků XAML kódem a také tzv. properties, ve kterém lze měnit vlastnosti prvků (např. název prvku, velikost a barva písma) [17, 21].

4.2.3 OxyPlot a LiveCharts

Knihovny určené pro prostřední .NET, zaměřené na jednoduché použití a velkou výkonnost, jsou při realizaci aplikace využity k tvorbě grafických výstupů. Jedná se o volně šiřitelné knihovny pro komerční použití. Jsou zaměřeny především na dvojrozměrné souřadnicové systémy a lze pomocí nich implementovat velké množství odlišných typů grafů. Velkou výhodou použitých knihoven je možnost implementace již definovaných funkcí ve formě exportu grafů do různých formátů. Výsledné grafy jednotlivých knihoven se mírně designově liší, LiveCharts však disponuje propracovanější grafickou úrovní a podporuje animaci grafů [24, 25].

4.3 Návrh struktury programu

Software je složen z pěti hlavních modulů:

1. Registrace uživatele a přihlášení,
2. Přehled,
3. Záznam,
4. Kuchařka,
5. Edukační program “Abeceda diabetu”.

Registrace uživatele a přihlášení

V případě, že by software chtělo využívat více uživatelů na jedné pracovní stanici, byl vytvořen víceuživatelský přístup ve formě registrace uživatelů a přihlašovacího systému. Při registraci uživatele je nutné vyplnit uživatelské jméno a heslo, dále je k dispozici řada volitelných položek vztahujících se k základním informacím o uživateli. Patří mezi ně kontaktní údaje, informace o ošetřujících lékařích a také volba typu diabetu a druhu léčby.

Přehled

Modul rozdělený na část, ve které lze nahlédnout přímo do databázových tabulek a provádět editaci již vložených záznamů, a část sloužící k evaluaci dat ve formě grafů a statistik za pomoci knihovny OxyPlot a LiveCharts. Tabulková část disponuje zobrazením hodnot v základní podobě, jak ho známe z klasických tabulkových softwarů např. Microsoft Excel. Jedná se o záznamy glykemií, zkonsumovaných jídel, aplikovaných inzulinů, bazálních profilů a laboratorních výsledků.

Kategorie statistického vyhodnocení je rozdělená na denní přehled, statistiky glykemií dle data a dle kategorie, jídel a inzulinů. Jako vstupní hodnota pro generování je u denního přehledu vyžadováno zvolení data a pro zbytek kategorií je vyžadováno počáteční a konečné datum. V rozmezí těchto dvou dat dojde k selekci dat z databáze a vytvoření čtyř typů grafů:

1. Spojnicový graf,
2. Prstencový graf,
3. Histogram,
4. Krabicový graf.

Před veškerým generováním grafů je v programu implementována podmínka, která zajišťuje nahrazení neměřitelných hodnot na glukometru (LO a HI) na číselné hodnoty. Je to z důvodu vytvoření kolekce pouze číselných hodnot, protože HI a LO hodnota je datového typu, ve kterém se nevyskytuje číslo, tudíž z něj nelze generovat graf. Hodnoty jsou nahrazeny maximálním měřícím rozsahem současných glukometrů, což odpovídá $LO = 0,6 \text{ mmol/l}$ a $HI = 33,3 \text{ mmol/l}$. V každé kategorii přehledu se nachází tlačítko sloužící k exportu právě zobrazených grafů.

Přehled denních statistik obsahuje tři spojnicové grafy zobrazující závislost glykemie, inzulinu a jídla v čase. Grafy jsou umístěny pod sebe tak, aby byla zachována totožná časová osa v rozmezí 0–24 hodin. To zajistí dobrou orientaci v grafu, protože jednotlivé události jsou seřazeny pod sebou dle času pořízení, takže lze odhadnout, k jaké hodnotě glykemie je přiřazena aplikace inzulinu a následně spořádané jídlo.

V kategorii zobrazení glykemií dle data slouží spojnicový graf k zobrazení trendu glykemické křivky za daný časový interval, jedná se tedy o závislost glykemie na čase. V prstencovém grafu dojde v pozadí aplikace k rozdělení glykemií do kategorie nízkých, normálních a vysokých hodnot. Toto rozdělení je v grafu označeno příslušnou barvou výseče a je reprezentováno odpovídající částí prstence s procentuálním vyobrazením daného rozdělení. Při kliknutí kurzorem na jednotlivé výseče grafu lze zjistit počet vzorků, ze kterého je graf či daná výseč generována. Boxplot neboli krabicový graf po kliknutí kurzorem myši zobrazuje minimum, třetí kvartil, medián, první kvartil, maximum a průměr ze selektovaných hodnot v daném časovém rozmezí. U boxplotů existuje několik druhů výpočtů pro minimum a maximum. V tomto případě je minimum a maximum vypočítáno podle následujících vzorců:

$$maximum = 3. kvartil + \frac{1}{2} (3. kvartil - 1. kvartil)$$

$$minimum = 3. kvartil - \frac{1}{2} (3. kvartil - 1. kvartil)$$

U tohoto typu grafu jsou viditelné odlehle hodnoty. Histogram představuje závislost četnosti výskytu glykemií na hodnotách glykemie. Pro lepší přehlednost grafu je před jeho generováním každá hodnota glykemie zaokrouhlena na celé číslo. Je to z důvodu celkových možných výskytů glykemií, kdy bez zaokrouhlení by teoreticky mohlo být v grafu obsaženo až 328 sloupců a zaokrouhlením se maximální počet sloupců eliminuje na 33. Také histogram disponuje funkcí zobrazení četností hodnot po rozkliknutí kurzorem.

Zmíněná kategorie statistického a grafického zpracování dat glykemií dle kategorie pracuje téměř totožným způsobem a obsahuje stejné typy grafů se stejnými funkcemi, jako kategorie dle data s tím rozdílem, že dojde k selekci hodnot glykemie dle jejich kategorie zadané při záznamu. Lze tak vytvořit statistiky glykemií dle 16 kategorií, mezi něž patří kategorie před snídání, po snídání, před dopolední svačinou, po dopolední svačině atd. Touto statistikou lze velmi dobře kontrolovat glykemie v určitou denní dobu.

V kategorii pro evaluaci zkonsumovaného jídla je zapotřebí, stejně jako v předchozích případech, vložit informaci o časovém intervalu, ze kterého se mají selektovat analyzovaná data. Kategorie obsahuje graf typu boxplot, histogram a prstencový graf. Krabicový graf obsahuje stejné parametry, jako v případě analýzy glykemie. Při generování histogramu v tomto případě nedochází k zaokrouhlování hodnot z důvodu předpokladu, že nenastane situace, kdy by došlo k zahlcení grafu velkým počtem sloupců a způsobila se tím nečitelnost grafu. Prstencový graf zobrazuje kategorie velikosti jídel rozdělené s krokem 1 v. j.

Sekce aplikovaných inzulinů obsahuje graf typu boxplot, histogram a koláčový graf. Opět je potřeba vybrat počáteční a konečné datum pro určení intervalu. Boxplot obsahuje základní statistické hodnoty, jako v předešlých případech. Prstencový graf obsahuje kategorie s rozdělením velikosti dávek inzulinu po 0,5 IU. V histogramu lze vyčíst četnost dávek podle jejich velikosti.

Záznam

Oddíl sloužící k evidenci veškerých diagnostických či terapeutických hodnot. V navigačním menu se nacházejí položky pro záznam glykemie, inzulinu, jídla anebo výsledků laboratorního vyšetření provedeného na vyžádání diabetologa. Veškeré hodnoty a parametry jsou ukládány do databáze a slouží jako zdrojové informace při tvorbě statistik a grafů.

Parametry pro zadání glykemie jsou čas měření, naměřená hodnota v mmol/l, poznámka a kategorie glykemie. Tyto kategorie jsou zavedeny z důvodu lepší selekce hodnot a větší efektivnosti při vytváření grafických výstupů a statistických hodnot. Parametry pro zadání aplikace inzulinu jsou datum, čas a velikost dávky v jednotkách IU. Při záznamu spořádaného jídla je vyžadováno zadání data, času a velikosti porce ve výměnných jednotkách. V sekci pro záznam laboratorních

výsledků se nacházejí veškeré sledované parametry. Standardně se vyšetřuje glykovaný hemoglobin HbA_{1C} společně s glykemií, ale jednou ročně jsou prováděny odběry krve a moči, při kterých se sleduje zásadně víc parametrů. Patří mezi ně vyšetření cholesterolu, funkce štítné žlázy, vyšetření správné funkčnosti ledvin, test na celiakii atd.

Kuchařka

Modul „Kuchařka“ je určený pro odhad množství sacharidů, cukrů a dalších jednotlivých složek potravy v určité porci jídla. Skládá se z výběru kategorií potravin, seznamu potravin, sekce „talíř“ a ze souhrnných informací o nutričních hodnotách vybraných potravin. Pracuje na principu procházení seznamu potravin s možností přidat je na „talíř“, ve kterém se doplní gramáž potraviny. V příslušné sekci dojde k přepočtu složení dané porce. Ve výchozím nastavení databáze je při registraci uživatele naimportováno přibližně 200 základních potravin, ze kterých lze vybírat. Mezi jednotlivé složky potravy evidované v databázi patří energetická hodnota, kalorie, obsah bílkovin, sacharidů, z toho cukrů, tuků, soli, vlákniny a vápníku. Samozřejmostí je možnost přidávání dalších potravin do databáze, nebo odstranění nepotřebných položek v závislosti na potřebách uživatele. Po výpočtu obsahu sacharidů v jídle a převodu na sacharidové výměnné jednotky lze tlačítkem tuto hodnotu jednoduše exportovat do dialogového okna pro záznam jídla. Veškeré informace ohledně jednotlivých složek potravy byly vyplněny na základě informací dostupných na webu <https://www.kaloricketabulky.cz/> [42]

Abeceda diabetu

Edukační program „Abeceda diabetu“ je určený nejen pro čerstvě diagnostikované diabetiky, kteří potřebují získat základní informace o nemoci diabetes mellitus, ale i pro zkušenější pacienty. Lze zde nalézt krátké a výstižné články organizované do rozbalovacích skupin. Nacházejí se zde např. vysvětlivky k jednotlivým parametrům, které se vyšetřují v rámci pravidelných kontrol u diabetologa z krevního séra nebo z moči. Čtenář se dozví důvod, proč jsou tyto parametry vyšetřovány, jeho fyziologické hodnoty a příčiny či následky zvýšených nebo snížených fyziologických hodnot.

4.4 Realizace aplikace

Aplikace využívá třívrstvou architekturu. První vrstvu tvoří prezentační vrstva, která je viditelná pro uživatele. Má přístup do prostřední, servisní vrstvy, která pracuje s daty z uživatelského rozhraní, zajišťuje operace prováděné mezi daty vstupními požadavky. Prezentační vrstva nemá přehled o tom, jak je s daty nakládáno. Servisní vrstva naopak nemá přehled o tom, jak funguje vrstva prezentační. Pouze přijímá data (entity), následně je zpracuje a vrátí nebo je předá dál do datové vrstvy. Tato vrstva slouží hlavně jako most mezi uživatelským rozhraním a perzistentní (datovou) vrstvou. Datová vrstva neboli databázová vrstva přijme data od servisní vrstvy a buď je uloží nebo na základě přijatých dat přistoupí do databáze, vybere požadované hodnoty

a vrátí je zpět servisní vrstvě, která data opět zpracuje a předá je prezentační vrstvě, která je následně poté zobrazí uživateli. Všechny tyto vrstvy jsou na sobě nezávislé, což znamená, že pokud vyměníme prezentační vrstvu, můžeme používat stejné příkazy servisní vrstvy [22].

4.4.1 Graficko–uživatelské rozhraní

Při tvorbě GUI byl kladen důraz na vytvoření intuitivního prostředí se zaměřením na obsáhnutí nejdůležitějších sledovaných parametrů. Jak již bylo zmíněno, pro tvorbu rozhraní byly použity prvky knihovny WPF a pro grafické výstupy OxyPlot a LiveCharts.

Nový uživatel

Osobní data

Uživatelské jméno: Heslo:

Jméno: Znovu heslo:

Příjmení: Výška: [cm]

Datum narození: Váha: [kg]

Email: Pohlaví:

Telefon: Praktický lékař:

Adresa:

Diabetes

Typ diabetu:

Typ léčby:

Bazální profil:

Krevní skupina:

RH faktor:

Diabetická ambulance

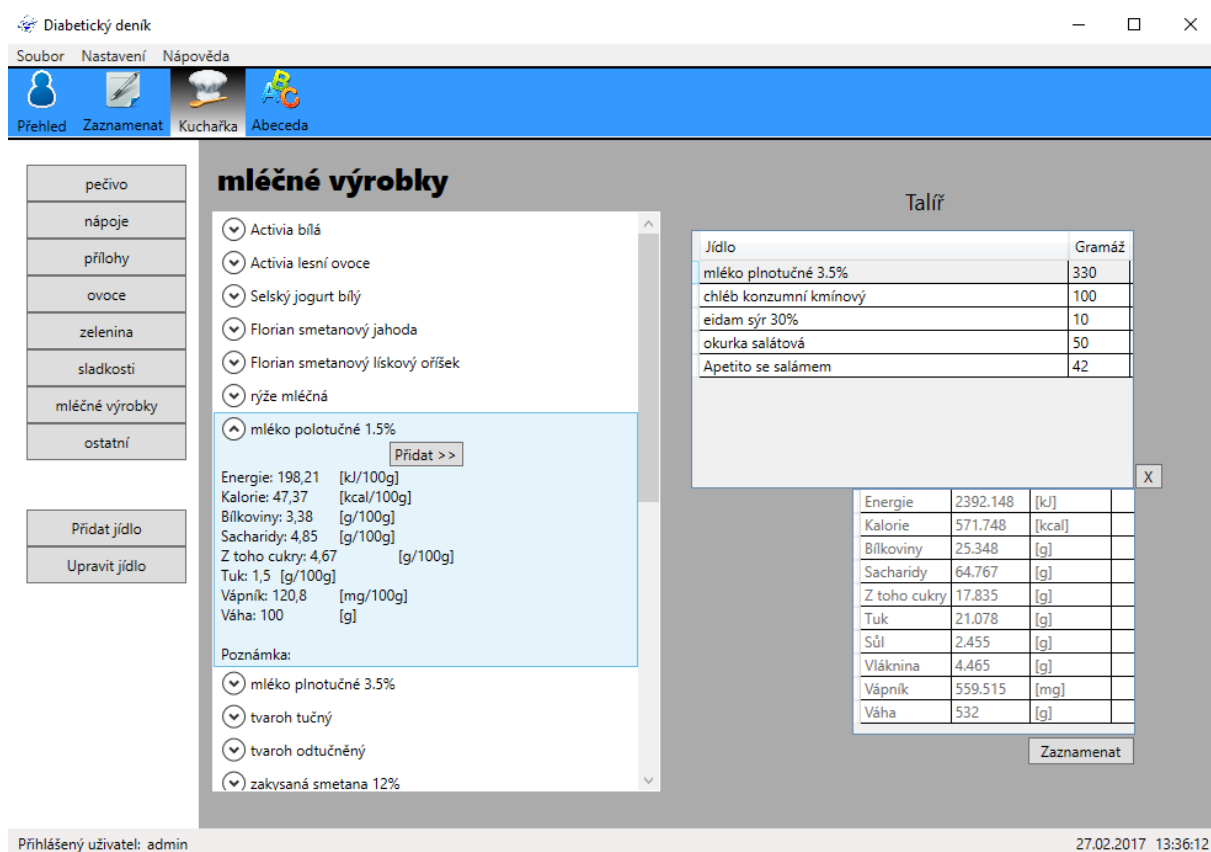
Lékař:

Adresa:

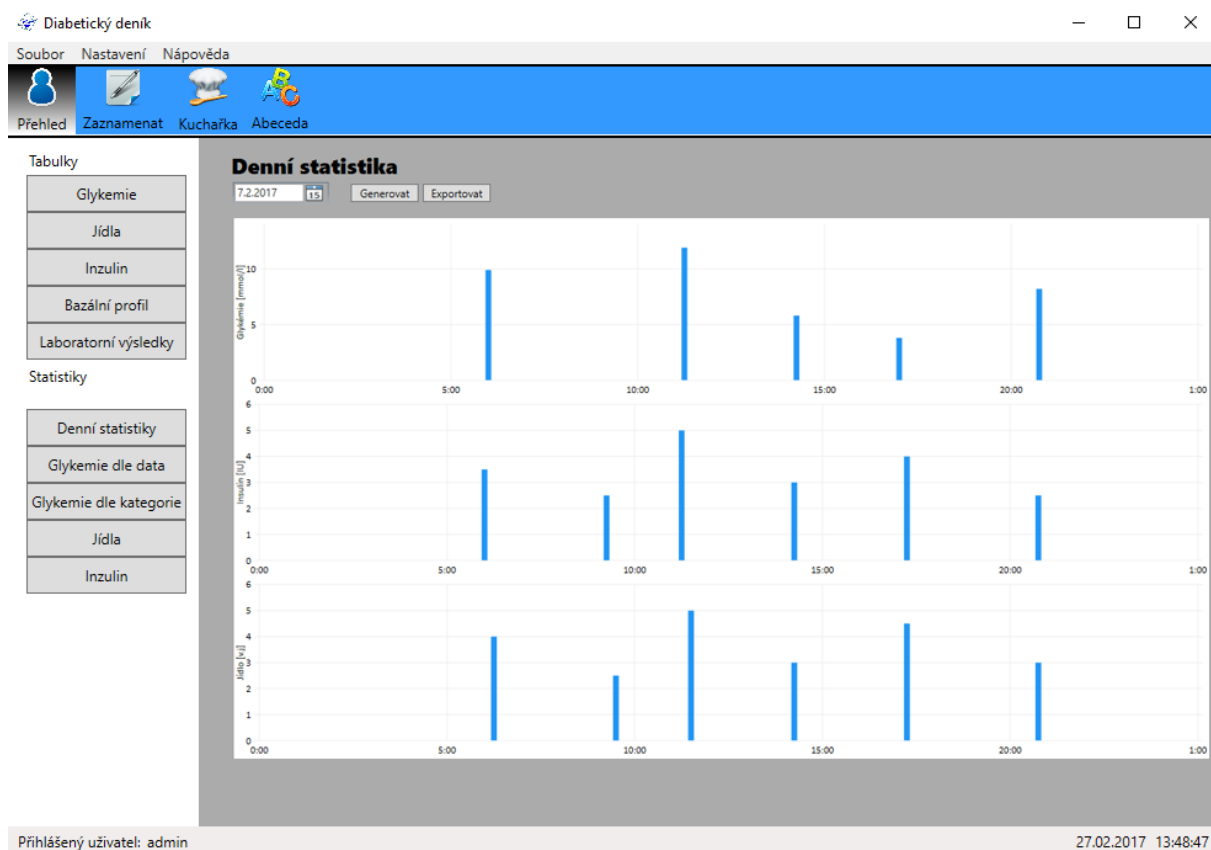
Diabetes od:

Obrázek 8: GUI registrace uživatele [26]

V hlavním dialogovém okně se nachází přepínač jednotlivých modulů, který je statický a pro lepší orientaci v aplikaci je aktuální vybraný modul zabarvený odlišnou barvou pozadí ikony. Každý modul pak obsahuje v levé části navigační menu s odpovídajícími položkami. Z důvodu usnadnění práce uživatelům, se ve všech částech aplikace nachází na spodní části lišta s informacemi o přihlášeném uživateli a aktuálním datu a času.



Obrázek 9: GUI modulu “Kuchařka” [26]



Obrázek 10: GUI statistického vyhodnocení [26]

4.4.2 Diagramy

Diagram prezentační vrstvy

Při spuštění aplikace se nám zobrazí přihlašovací okno, ve kterém vybereme přihlašovací jméno, vyplníme heslo a přihlásíme se nebo je nám umožněno vytvořit si nový profil pomocí tlačítka nový uživatel. Po úspěšném přihlášení je otevřeno hlavní okno, které využívá *IUserControl*, což je proměnná typu rozhraní. Toto rozhraní implementuje 4 třídy, které slouží jako přepínače v navigačním menu. Jedná se o kategorie přehled, zaznamenat, kuchařka a abeceda. Tyto třídy mají registrované všechny své podkategorie v poli objektů a jsou vytvořeny pod daným číslem, které předá hlavní okno. Například přepínač kuchařky odkazuje na podkategorie editaci, přidání jídla a přidání jídla na talíř. Všechny tyto podkategorie jsou třídním typem *UserControl*, jedná se o ovládací prvek, který se vykresluje v hlavním okně a je tedy snazší naimplementovat uživatelské rozhraní. Dalším zajímavým aspektem tohoto diagramu je přepínač přehledu. Ten odkazuje na instance tabulkových a statistických přehledů. Statistické přehledy navíc využívají rozhraní *IOxyPlot* a *ILivePlot*. Tyto rozhraní implementují třídy pro vykreslování grafů, *IOxyPlot* implementuje třída pro vykreslení boxplotu a koláčového grafu a *ILivePlot* implementuje sloupcový graf, spojitý graf a histogram.

Diagram servisní vrstvy

Tato vrstva slouží pro operaci nad daty anebo jako most mezi prezentační vrstvou (grafickým rozhraním) a databázovou vrstvou (persistentním polem). Mezi jednotlivými třídami neexistuje žádná vazba.

Diagram IEntity

Entity implementují rozhraní IEntity, které obsahují metody *Insert*, *Update*, *Delete* a *Select*. Všechny tyto metody jsou datového typu SQLiteCommand a zahrnují vstupní parametry dbConn a actualUser. Parametr dbConn slouží pro identifikaci připojené databáze, parametr actualUser slouží pro identifikaci přihlášeného uživatele. Metoda Select má navíc parametry pro určení podmínek výběru a co jaké parametry budeme vybírat z databáze. Všechny objekty, tj. jídlo, glykemie, insulin, laboratorní výsledky, zaznamenané jídlo a uživatel implementují toto rozhraní. Navíc objekt uživatel využívá objektu bazální profil, který ukládá do kolekce dat při vytváření nebo změně bazálního profilu.

Diagram databáze

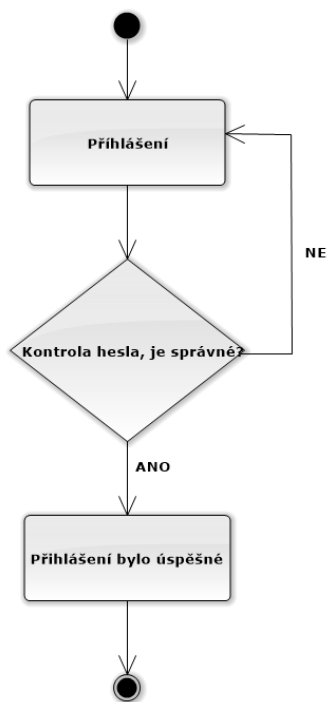
Databázová vrstva obsahuje třídu Databáze, která je rodičem pro všechny databázové třídy konkrétních typů. Jedná se o BasalProfileDatabase, LabValuesDatabase, GlycemieDatabase, RecordedFoodDatabase, FoodDatabase, InzulinDatabase a UserDatabase. Všechni tito potomci tedy mohou využívat jejich metod a proměnných. Třída databáze navíc také plní databázi jídel při prvním spuštění programu, tyto jídla jsou uloženy v objektu FoodInsert jako pole řetězců.

Diagram zaznamenat glykemii

Následující třídní diagram je příkladem podkategorie záznamu glykemie a popisuje způsob zpracování dat programem. V ovládacím prvku záznam glykemie vyplníme data a stiskneme tlačítko uložení a tím započne celý tento algoritmus. V ovládacím prvku se vytvoří instance na servisní vrstvu pro glykemii, zavolá se konkrétní metoda pro ukládání a předá jí data. Servisní vrstva tyto data zpracuje a předá data dál, do databázové vrstvy přes vytvořenou instanci. Databázová vrstva tyto data zpracuje v podobě vytvoření vkladacího příkazu, který se tvoří přímo v objektu glykemie, provede ho a dá vědět servisní vrstvě, zda uložení proběhlo úspěšně. Servisní vrstva tuto hodnotu předá do prezentační vrstvy a uživateli se zobrazí zpráva s informací o uložení do databáze. Tomuto principu se říká “probublání”. Všechny tyto vrstvy používají entitní typ glykemie, který implementuje rozhraní IEntity, který obohacuje tuto třídu o metody, ke kterým přistupuje databáze. Konkrétně třída GlycemiaDatabase, která dědí ze třídy Database je obohacena o její proměnné a metody. Mezi nejdůležitější metody patří Connect, která se připojuje k databázi, má vstupní parametr datového typu bool, který je ve výchozí hodnotě nastaven na hodnotu false. Jedná se pouze o přepínač mezi databázemi User nebo Food (uživatel nebo jídlo).

Diagram aktivit

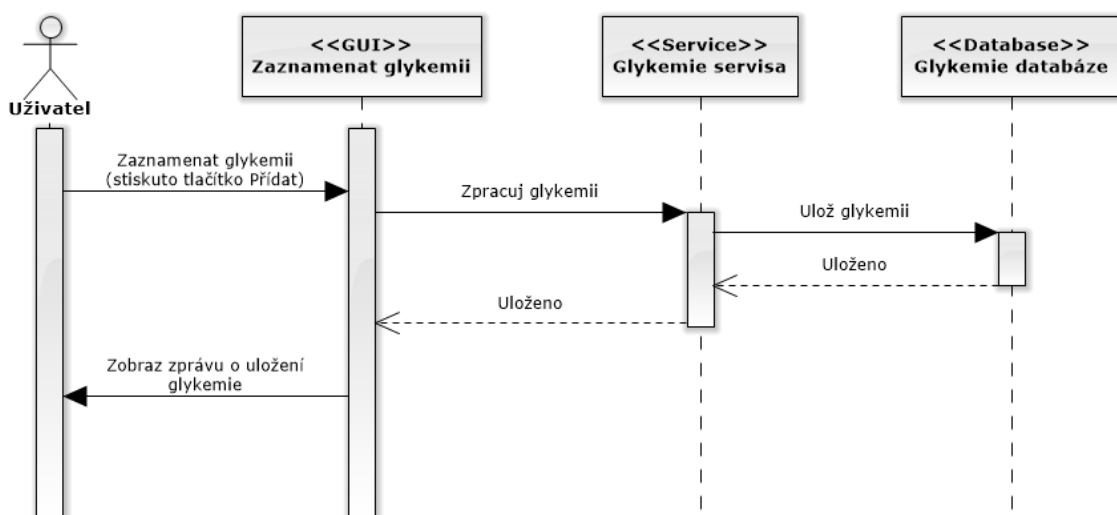
Diagram naznačující průběh aplikace při pokusu o přihlášení uživatele ke svému účtu. Po zadání hesla je potřeba provést porovnání, zda toto heslo souhlasí s parametrem nacházejícím se v databázi. V případě kladného výsledku dojde k přihlášení a zobrazení hlavního dialogového okna. V opačném případě je uživatel informován o neúspěšném zadání hesla a dojde k návratu do přihlašovacího okna.



Obrázek 11: vývojový diagram přihlášení [26]

Sekvenční diagram

Uvedený sekvenční diagram reprezentuje sled událostí pro zpracování dat, které nastanou při zápisu glykemie v sekci záznamu dat. Uživatel vypíše hodnotu do graficko-uživatelského rozhraní a provede stisk tlačítka Přidat. Dojde k předání hodnoty servisní vrstvě, která předá příkaz o uložení příslušných dat do databázové vrstvy. Odezvou tohoto sledu událostí je předání informace o úspěšném uložení zpět servisní vrstvě, která předá tuto informaci graficko-uživatelskému rozhraní. Tím dojde k informování uživatele o úspěšném provedení celé operace.



Obrázek 12: sekvenční diagram zápisu glykemie [26]

4.4.3 Popis zdrojového kódu záznamu glykemie

V prezentační vrstvě v lokaci “Zaznamenat glykemii” dojde po vyplnění příslušných hodnot a kliknutí na tlačítko “Přidat” ke sledu událostí uvedené ve zdrojovém kódu v příloze.

FillGlycemia vyplňuje entitu a vrací hodnotu True nebo False. V případě návratu hodnoty True dojde k volání metody PushData, která přeposílá data dále ke zpracování. Metoda FillGlycemia obsahuje blok try catch, ve kterém se vytvoří nová entita Glycemia a dojde k naplnění její proměnných. Pokud plnění dat alespoň v jednom bodě selže, dojde k zavolání bloku catch, vypíše se chybová hláška a navrátí se hodnota False a nedojde k volání metody PushData. V případě úspěšného naplnění entity Glycemia daty dojde k navrácení hodnoty True.

PushData vytvoří objekt GlycemiaService s aktuální entitou a přihlášeným uživatelem. Opět se zavádí podmínka, ve které se volá SaveGlycemia (metoda třídy GlycemiaService) a v případě návratu hodnoty True, vypíše hlášku o úspěšném uložení a zavolá metodu pro vymazání polí. Pokud dojde k návratu False, dojde k zobrazení chybové hlášky.

Metoda SaveGlycemia se nachází v servisní vrstvě, vrací hodnotu bool (True nebo False). V této metodě se vytvoří instance na databázi s aktuální entitou a přihlášeným uživatelem. Poté dojde k zavolání metody InsertGlykemia nacházející se ve třídě glycemiaDatabase. Tato metoda opět vrací hodnotu True při úspěšném uložení hodnoty nebo False při neúspěchu.

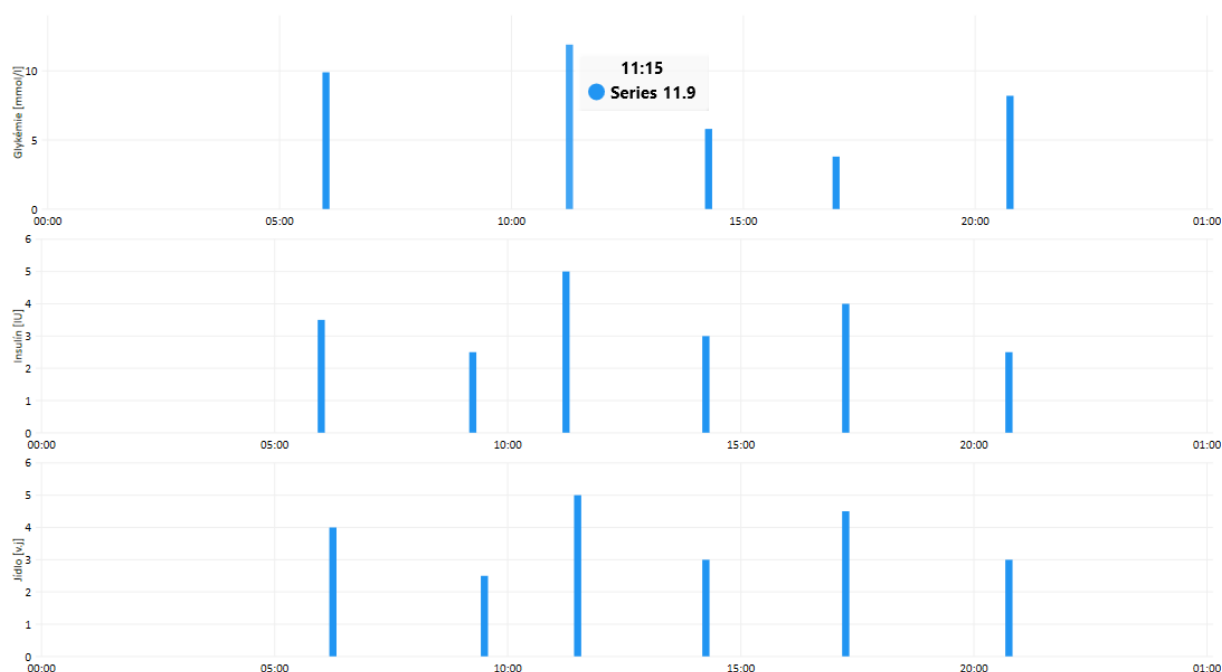
Metoda InsertGlycemia v první řadě zjistí pomocí metody Connect() s návratovou hodnotou bool, zda je připojena k databázovému souboru. Při úspěšném připojení dojde v try bloku na dané entitě k zavolání metody Insert s daným připojením dbConn a aktuálním uživatelem. V případě neúspěchu spadne program do bloku catch a vypíše chybovou hlášku. Ve všech možných případech dojde ke skoku do bloku finally, ve kterém se provede příkaz pro odpojení od databáze.

Při úspěšném vložení dat do databáze “proublá” hodnota True až do metody PushData, kde se vypíše zpráva s hláškou o úspěšném uložení dat.

4.5 Zhodnocení přínosnosti aplikace

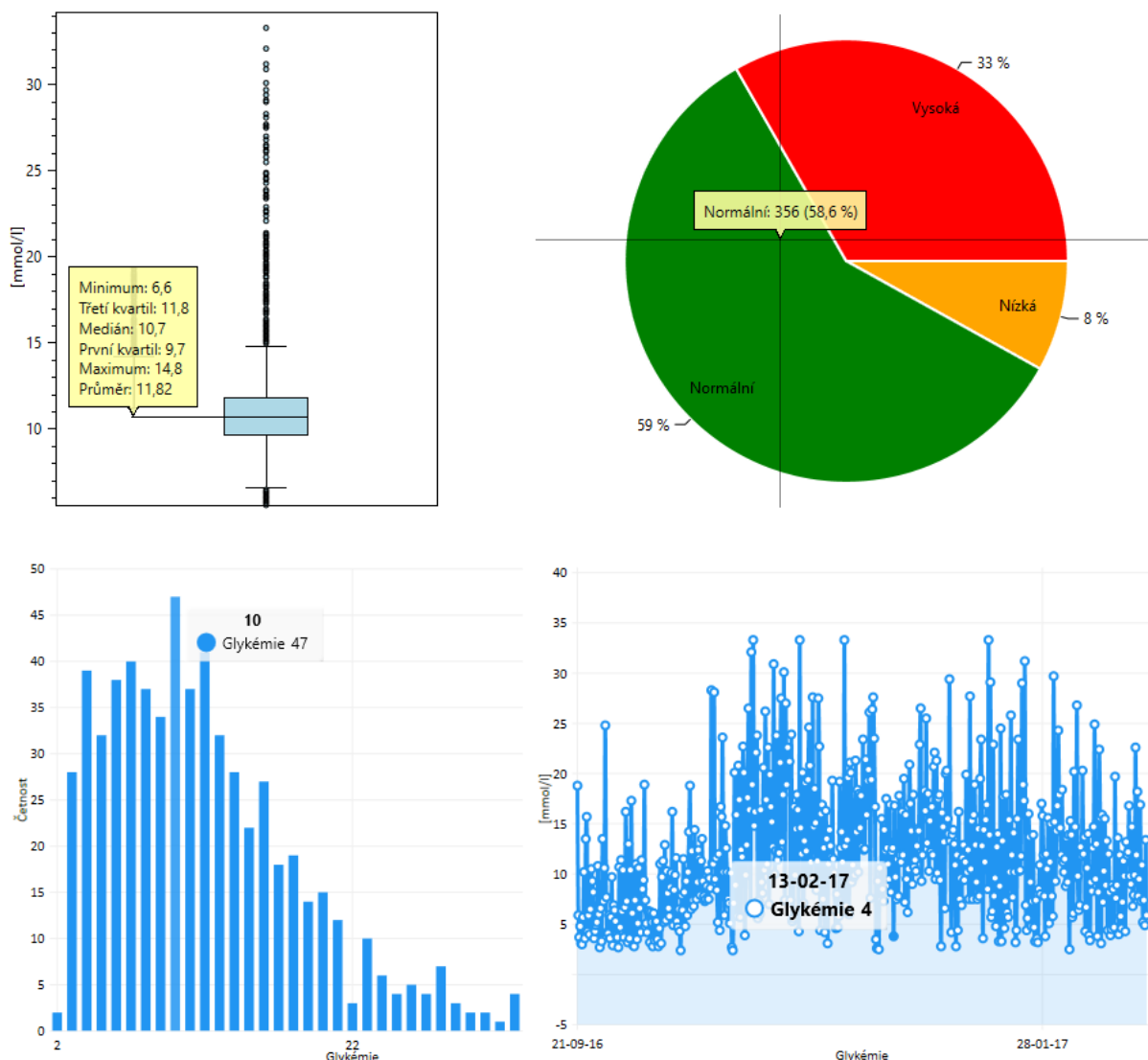
Aplikace dokáže poskytnout pacientovi s DM podrobný přehled o průběhu léčby a náhled na trendy glykemií, aplikovaných inzulinů a pořádaného jídla. Při správném porozumění grafickému vyobrazení dat má pacient vždy lepší přehled o skutečném významu diagnostických a terapeutických hodnot. Dokáže tak lépe navrhovat terapeutické dávky a sledovat efekt těchto změn. V prstencovém grafu by se měl pacient snažit docílit, aby všechny glykemie byly v rozsahu normálních hodnot, tzn. v rozmezí 4,0–13,3 mmol/l. Z histogramů pak může vyčíst, jaká hodnota glykemie se ve vybraném časovém rozmezí nachází nejčastěji. Opět by svou četností měly převažovat hodnoty z rozsahu normoglykemie. Pomocí detailnějších denních přehledů poté může uživatel dohledat přesné denní průběhy a analyzovat, z jakého důvodu nebyla splněna cílová hodnota glykemie, nebo zdali na to mají vliv ostatní zaznamenané parametry (např. špatný odhad aplikovaného inzulinu). Bez zapisování diagnostických a terapeutických dat nemá pacient ani ošetřující lékař k dispozici důležité podklady pro analýzu léčby a tudíž při neuspokojivé kompenzaci nemá východisko pro změnu léčebného režimu.

Pro demonstraci přínosnosti aplikace byla vybrána série grafů vygenerovaných na základě reálných vložených dat. Lze z nich vyčíst mnoho informací a dle trendů byla provedena analýza dat z pohledu pacienta.



Obrázek 13: graf denního přehledu [26]

Z grafu denního přehledu generovaného ze dne 7. 2. 2017 může pacient zhodnotit trend glykemické křivky, aplikovaných inzulinů a zkonsumovaného jídla během průběhu jednoho dne. Rozsah hodnot je v rozmezí 3,8–11,9 mmol/l, z čehož vyplývá, že dochází k velkému výkyvu hodnot. Dle tabulky 1 se jedná o hodnoty spadající do kritéria neuspokojivé kompenzace diabetu. Z grafu je zřejmé, že pacient nezměřil glykémii před svačinou, přestože ji měl již před snídaní zvýšenou. Aplikovaný inzulin ke svačině tak nebyl dostatečný a došlo k dalšímu nárustu glykémie až na předobědovou hodnotu 11,9 mmol/l. Zvýšením dávek inzulinu se pacient dopracoval k uspokojivé glykémii až před večeří před 18 hodinou.



Obrázek 14: graf dlouhodobých trendů glykemie [26]

Pro analýzu dlouhodobých trendů byl vygenerován přehled z období 21. 9. 2016 až 31. 3. 2017, ve kterém se nachází kolekce o 607 hodnotách glykemie. Z krabicového grafu lze vyčíst statistické údaje a je zřejmé, že se vzorku zkoumaných hodnot vyskytuje mnoho odlehlých hodnot. Průměr

glykemií za zvolené období činí 11,82 mmol/l. Koláčový graf vykazuje 58,6% zastoupení hodnot spadajících do kategorie normálních hodnot. Zbýlých 33,3% spadá do kategorie zvýšené nebo vysoké glykemie a 8,1% výskytů tvoří hodnoty nižší než 3,9 mmol/l. Histogram vyhodnotil ze vzorku hodnot jako nejčastěji se vyskytující hodnotu mezi 9,5–10,4 mmol/l. Její četnost dosahuje 47 výskytů. Vzhledem k velkému počtu vzorků ve zvoleném časovém období je spojnicový graf relativně přehlacen jednotlivými body. Mezi funkce knihovny LiveCharts, pomocí níž byl tento graf vygenerován, však patří funkce přiblížení jednotlivých částí grafu, takže v aplikaci lze zkoumat kratší časové intervaly. I tak je z grafu patrné, že v celém dlouhodobém trendu se objevují vysoké hodnoty dosahující až maximálního měřicího rozsahu současných glukometrů. Vybrané grafické výstupy naznačují, že celková kompenzace pacienta vykazuje neuspokojivých výsledků a měla by být provedena úprava léčebného režimu ve spolupráci s ošetřujícím lékařem na specializovaném diabetologickém pracovišti.

4.6 Návrh dalšího vývoje



Obrázek 15: návrh loga vytvořené aplikace [26]

V současné době začíná být čtenější využívání mobilních platforem před desktopovými či laptopovými platformami. Pro řadu uživatelů může být použití vytvořené aplikace na desktopu obtížné, nebo časově nepraktické z důvodu nutnosti záznamu hodnot v pravidelných intervalech, a to několikrát denně. Proto lze v budoucnu realizovat migraci aplikace na jiné mobilní operační systémy (Android, iOS). Pro zachování funkčnosti již vytvořené desktopové aplikace lze využít možností zálohování dat do tzv. cloudu (na internetovou síť) a zavést funkci vzájemné synchronizace dat mezi jednotlivými platformami včetně uživatelských účtů.

Další možností vylepšení aplikace spočívá ve vytvoření uzavřeného řetězce mezi diagnostickými přístroji, terapeutickými přístroji a vyhodnocovacím softwarem. Princip funkce by spočíval ve vytvoření komunikačního protokolu mezi zařízeními a automatickém stahování dat z těchto zařízení do aplikace a jejich uchování v databázi. V současné době přístroje dostupné na tuzemském trhu disponují interní pamětí až pro 3 měsíce záznamů. Jednou za tento interval by stačilo propojit přístroj se zařízením vybaveným aplikací pro uchování dat např. pomocí standardu Bluetooth či NFC. O funkci tohoto uzavřeného řetězce se snaží společnými silami společnost Medtronic a Ascensia Diabetes Care formou propojení inzulinové pumpy, CGM a glukometru. Do měřicího

řetězce však není možné zařadit jiné diagnostické či terapeutické zařízení konkurenčních firem. Jako další variantu vývoje lze implementovat propracovanější, uživatelsky nastavitelné, graficko-uživatelské rozhraní. Přínosnou funkcí by zajisté bylo obnovení zapomenutého hesla ve formě zaslání nových přihlašovacích údajů na kontaktní e-mail. V sekci statistického a grafického vyhodnocení lze také zavést nabídku dostupných grafů, statistik a tabulek. Dle libosti by si uživatel mohl z této nabídky vybírat a program by tak generoval výstupy, které jsou žádoucí a můžou se u každého pacienta lišit. Nastavení uživatelského rozhraní by sice vyžadovalo obětovat čas na prvotní konfiguraci prostředí, ale byla by zvýšena efektivita aplikace, což může mít za následek další zlepšení kontroly nad diabetem.

5 Závěr

Choroba diabetes mellitus je v současné době standardními a dostupnými metodami nevyléčitelná, ovšem s využitím technických prostředků je dobře léčitelná a proto se předpokládá další vývoj pomůcek pro podporu léčby. V bakalářské práci jsem se zabýval vývojem aplikace, určenou především pro pacienty s diabetes mellitus I. typu. Na základě vypracování rešeršní práce vznikl koncept s konkrétním směrem, jakým by měla celá aplikace směřovat. Praktická část zahrnovala nejen realizaci diabetického deníku, ale také dlouhodobý sběr diagnostických a terapeutických dat, která byla následně použita při testování a demonstraci funkčnosti aplikace. Ukázalo se, že pokud jsou data interpretována správným způsobem, dokážou velmi dobře odhalit chyby, kterých se pacienti dopouštějí při léčbě. Cílem všech diabetiků by měla být eliminace těchto chyb ve prospěch svého vlastního zdraví. Navíc díky záznamům dokážou předat svým ošetřujícím lékařům důležité podklady pro retrospektivní analýzu dat a docílí tím zvýšení efektivity léčby. Pro lékaře jsou tato data jediným východiskem pro návrh ve změně léčebného režimu.

Pomocí implementovaných modulů dokáže aplikace uchovávat patientská data, které se stávají zdrojem pro generování grafů, trendů a statistických informací. Pomocí dalšího realizovaného modulu usnadní záležitosti spojené s výpočtem sacharidových výměnných jednotek ve zvolené porci jídla. Každý uživatel může libovolně provést rozšíření databáze potravin o další položky, dle vlastních požadavků. V odborných článcích a studiích se často pojednává o nedostatečné edukaci pacientů, proto byl implementován modul obsahující články a užitečné odkazy, pomocí kterých dostanou pacienti komplexní přehled o své chorobě, nebo se mohou stát členy různých internetových komunit a sdílet tak své zkušenosti mezi ostatními pacienty.

Mezi hlavní přednosti aplikace patří především funkce pro vyhodnocení dat. Vytvořený koncept této funkce umožňuje nastavovat časové vymezení selektovaných dat dle uvážení uživatele, tudíž je možno sledovat trendy ve velmi dlouhém časovém horizontu, nebo jen za několik posledních dní. To vše je realizováno v jednoduchém prostředí s intuitivním ovládáním a možností náhledu do záznamů ve formě základních tabulkových hodnot, na které jsou pacienti zpravidla zvyklí.

Vývojem této aplikace jsem nabyl spousty nových dovedností v oblasti programování, vývoje aplikací, samostatného hledání řešení problému a v budoucnu bych se rozhodně chtěl věnovat dalšímu vývoji aplikace, protože lze obohatit o další užitečné funkce nebo rozšířit na další platformy, pomocí kterých by bylo zadávání vstupních hodnot snazší a dostupnější. Cílem bude vždy spokojený pacient a snaha, aby mohl žít pestrým životním stylem a především bez chronických komplikací.

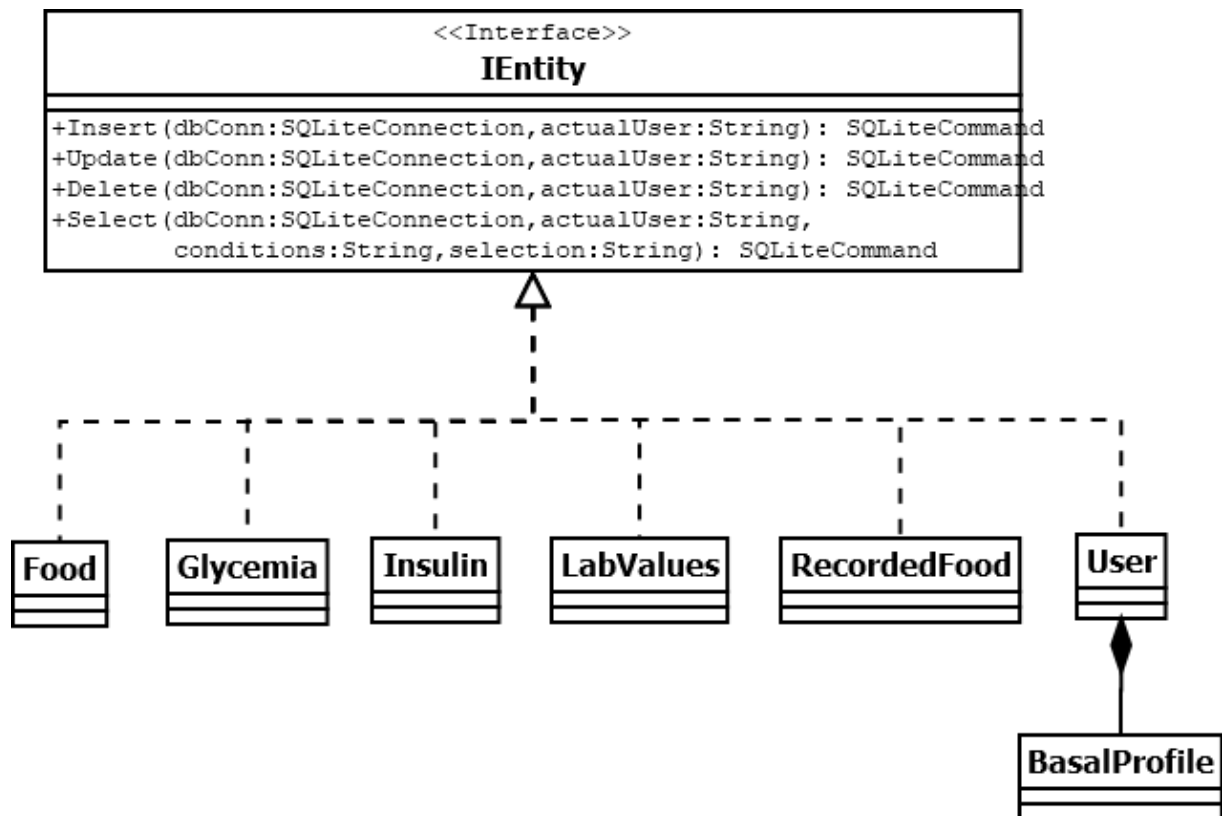
Literatura

- [1] EVANS, Mark. Current methods of assessing blood glucose control in diabetes. *British Journal of Diabetes* [online]. 2016, 16, 7- [cit. 2016-12-04]. DOI: 10.15277/bjd.2016.071. ISSN 2397-6241. Dostupné z: <http://www.bjd-abcd.com/index.php/bjd/article/view/133>
- [2] S. PILLAY, C. ALDOUS. Effects of self-monitoring of blood glucose on diabetes control in a resource-limited diabetic clinic. *Journal of Endocrinology, Metabolism and Diabetes of South Africa* [online]. 2016, 21(2), 20-25 [cit. 2016-12-04]. DOI: 10.1080/16089677.2016.1198112. ISSN 16089677. Dostupné z: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/16089677.2016.1198112>
- [3] NOURI, Amal, ALKHIER, Almoutaz Ahmed. Assessment of home glucose monitoring system in primary health care system; where are we? *World Family Medicine* [online]. 2016, 4, 17-25 [cit 2016-12-21]. ISSN 1839-0188 eISSN 1839-0196 WOS: 000385846400004.
- [4] ELGART, Jorge F., Lorena GONZÁLEZ, Mariana PRESTES, Enzo RUCCI a Juan J. GAGLIARDINO. Frequency of self-monitoring blood glucose and attainment of HbA1c target values. *Acta Diabetologica* [online]. 2016, 53(1), 57-62 [cit. 2016-12-04]. DOI: 10.1007/s00592-015-0745-9. ISSN 09405429. Dostupné z: <http://link.springer.com/10.1007/s00592-015-0745-9>
- [5] MAMYKINA, Lena, E. LEVINE, Matthew, G. DAVIDSON, Patricia, M. SMALDONE, Arlene, ELHADAD, Noemie, J. ALBERS, David. Data-driven health management: reasoning about personally generated data in diabetes with information technologies. *Journal of the American Medical Informatics Association* [online] 2016, 5(3), 526-531 [cit. 2016-12-04]. ISSN: 1067-5027 eISSN: 1527-974X DOI: 10.1093/jamia/ocv187
- [6] Atlas anatomie. Praha: Svojtka a Vašut, 1996. Poznej a chraň své tělo. ISBN 80-7180-092-9.
- [7] MERKUNOVÁ, Alena a Miroslav OREL. Anatomie a fyziologie člověka pro humanitní obory. Praha: Grada, 2008. Psyché (Grada). ISBN 978-80-247-1521-6.
- [8] MOUREK, Jindřich. Fyziologie: učebnice pro studenty zdravotnických oborů. 2., dopl. vyd. Praha: Grada, 2012. Sestra (Grada). ISBN 978-80-247-3918-2.
- [9] ŠIMÍČEK, Jaroslav a Vladislava ZAVADILOVÁ. Civilizační nemoci: vybrané kapitoly pro bakaláře. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, 2006. ISBN 80-248-1205-3.
- [10] TROJAN, Stanislav. Lékařská fyziologie. 3., doplněné a rozšířené vydání. Praha: Grada, 1999. ISBN 80-7169-788-5.
- [11] ČIHÁK, Radomír a Miloš GRIM. Anatomie. 2., upravené a doplněné vydání. Praha: Grada, 2002. ISBN 80-247-0143-x.

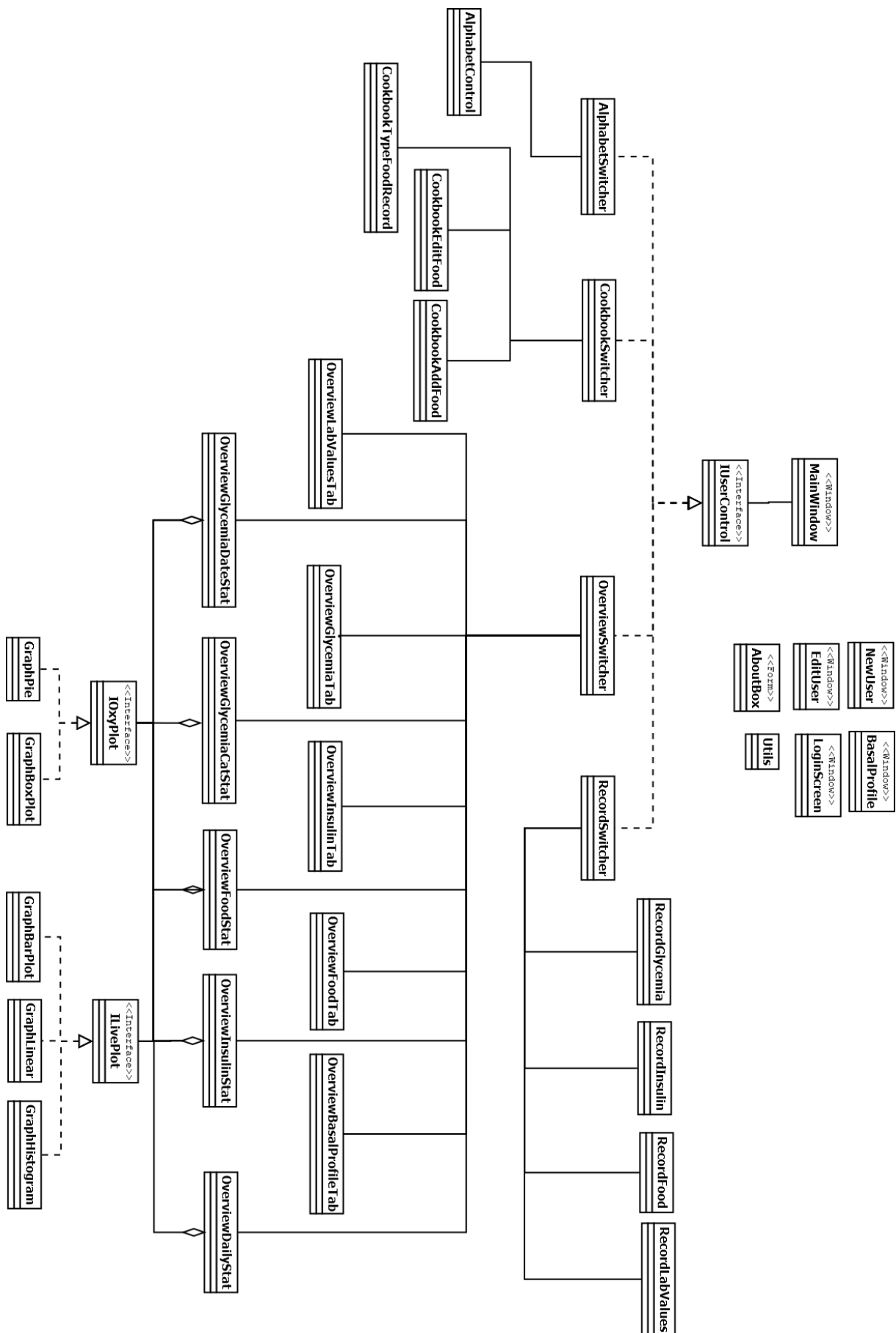
- [12] PSOTTOVÁ, Jana. Praktický průvodce cukrovkou: co byste měli vědět o diabetu. Praha: Maxdorf, 2015. ISBN 978-80-7345-279-7.
- [13] PSOTTOVÁ, Jana. Praktický průvodce cukrovkou II.: co byste měli vědět o diabetu. Praha: Maxdorf, 2015. ISBN 978-80-7345-441-8.
- [14] Cukrovka od A do Z: co potřebujete vědět o cukrovce – jednoduše a srozumitelně. Hodkovičky: Pragma, 2000. ISBN 80-7205-746-4.
- [15] LEBL, Jan, Štěpánka PRŮHOVÁ a Zdeněk ŠUMNÍK. Abeceda diabetu: příručka pro děti a mladé dospělé, kteří chtějí o diabetu vědět víc. 3., přepracované a rozšířené vydání Praha: Maxdorf, 2008. ISBN 978-80-7345-141-7.
- [16] RUŠAVÝ, Zdeněk, ed. Technologie v diabetologii 2010. Praha: Galén, c2010. ISBN 978-807-2626-892.
- [17] VIRIUS, Miroslav. C# 2010: hotová řešení. Brno: Computer Press, 2012. K okamžitému použití (Computer Press). ISBN 978-80-251-3730-7.
- [18] ELLER, Frank. C# – začínáme programovat: podrobný průvodce začínajícího uživatele. Praha: Grada, 2002. ISBN 80-247-0324-6.
- [19] GUNNERSON, Eric. Začínáme programovat v C#. Praha: Computer Press, 2001. Programování. ISBN 80-7226-525-3.
- [20] PRICE, Jason. C#: programování databází. Praha: Grada, 2005. Profesionál. ISBN 80-247-0982-1.
- [21] PETZOLD, Charles. Mistrovství ve Windows Presentation Foundation: [aplikace = kód + markup]. Brno: Computer Press, 2008. Mistrovství. ISBN 978-80-251-2141-2.
- [22] ROBINSON, Simon. C#: programujeme profesionálně. Brno: Computer Press, 2003. Programmer to programmer. ISBN 80-251-0085-5.
- [23] SQLite: Small. Fast. Reliable. Choose any three. [online]. [cit. 2017-03-25]. Dostupné z: <https://www.sqlite.org/>
- [24] OxyPlot: cross-platform plotting library for .NET [online]. [cit. 2017-02-14]. Dostupné z: <http://www.oxyplot.org/>
- [25] Live Charts: Simple, flexible, interactive & powerful data visualization for .NET [online]. [cit. 2017-04-26]. Dostupné z: <https://lvcharts.net/>
- [26] Zdroj vlastní
- [27] IDF: International Diabetes Federation [online]. [cit. 2017-01-25]. Dostupné z: <https://www.idf.org/wdd-index/index.php>

- [28] Medtronic Czechia s.r.o.: Medtronic Diabetes. Představujeme systém MiniMed 640G [online]. [cit. 2017-04-12]. Dostupné z: <https://www.medtronic-diabetes.cz/>
- [29] Medtronic Czechia s.r.o.: Medtronic Diabetes. Léčba inzulinovou pumpou: Co představuje léčba inzulinovou pumpou? [online]. [cit. 2017-04-12]. Dostupné z: <https://www.medtronic-diabetes.cz/>
- [30] Animas Corporation: Animas Insulin Pump Supplies [online]. [cit. 2017-04-12]. Dostupné z: <https://www.animas.com/>
- [31] Rigi Medizintechnik GmbH: Swiss Medical Group. Inzulin Pen [online]. [cit. 2017-04-12]. Dostupné z: <http://www.rigimed.com/>
- [32] Dětský diabetes: Kontinuální monitorace glukózy - úvod [online]. [cit. 2017-04-12]. Dostupné z: <http://www.detskydiabetes.cz/>
- [33] Diabetes a já: Typy inzulínu [online]. [cit. 2017-04-12]. Dostupné z: <http://www.diabetesaja.cz/>
- [34] Diabetes a já: Historie cukrovky [online]. [cit. 2017-03-17]. Dostupné z: <http://www.diabetesaja.cz/>
- [35] MTE s.r.o.: Glykovaný hemoglobin [online]. [cit. 2017-04-12]. Dostupné z: <http://www.mte.cz/>
- [36] iTest: Velký test glukometrů na českém trhu [online]. [cit. 2017-04-12]. Dostupné z: <http://www.itest.cz/>
- [37] Dexcom: Continuous glucose monitoring [online]. [cit. 2017-04-12]. Dostupné z: <http://dexcom.com/>
- [38] Život a cukrovka: Současné možnosti léčby cukrovky. Část pátá: inzulinová pumpa [cit. 2017-3-6]. Dostupné z: <http://www.zivotacukrovka.cz/>
- [39] Diabetes a já: Výhody i nevýhody inzulinové pumpy [online]. [cit. 2017-04-12]. Dostupné z: <http://www.diabetesaja.cz/>
- [40] Cukrovka: Diabetes Mellitus. Vše o cukrovce [online]. [cit. 2017-04-12]. Dostupné z: <http://www.mamcukrovku.cz/>
- [41] Diacentrum: stránky pro diabetiky. Inzulinová lipodystrofie [online]. [cit. 2017-04-12]. Dostupné z: <http://www.diacentrum.cz/>
- [42] Kalorické tabulky: energetické hodnoty v kJ [online]. [cit. 2017-04-26]. Dostupné z: <https://www.kaloricketabulky.cz/>

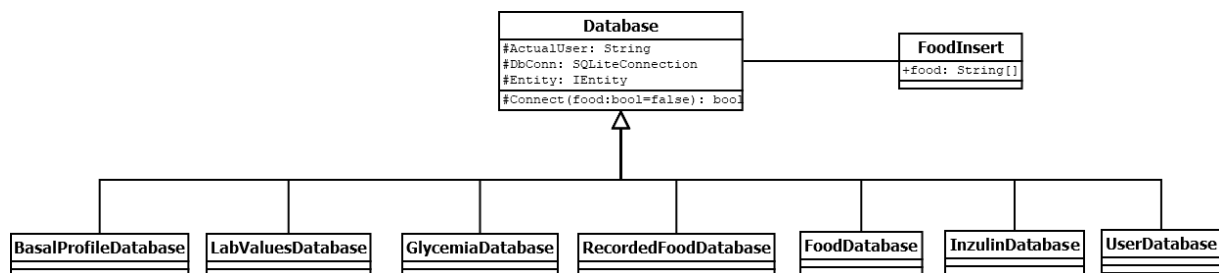
Přílohy



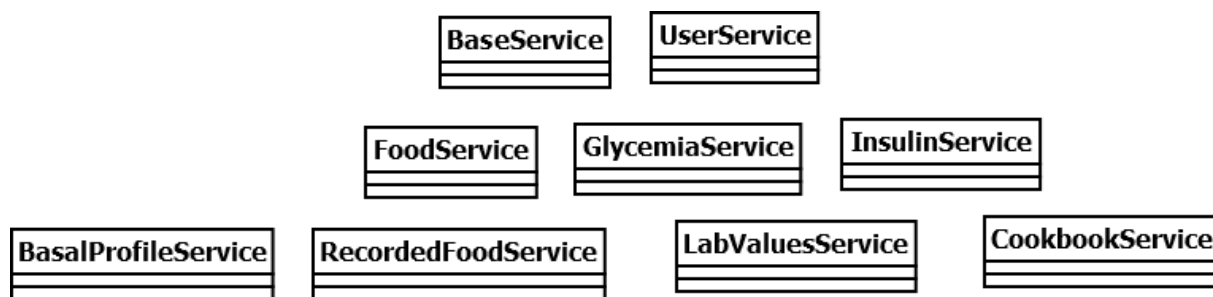
Obrázek 16: třídní diagram Entit



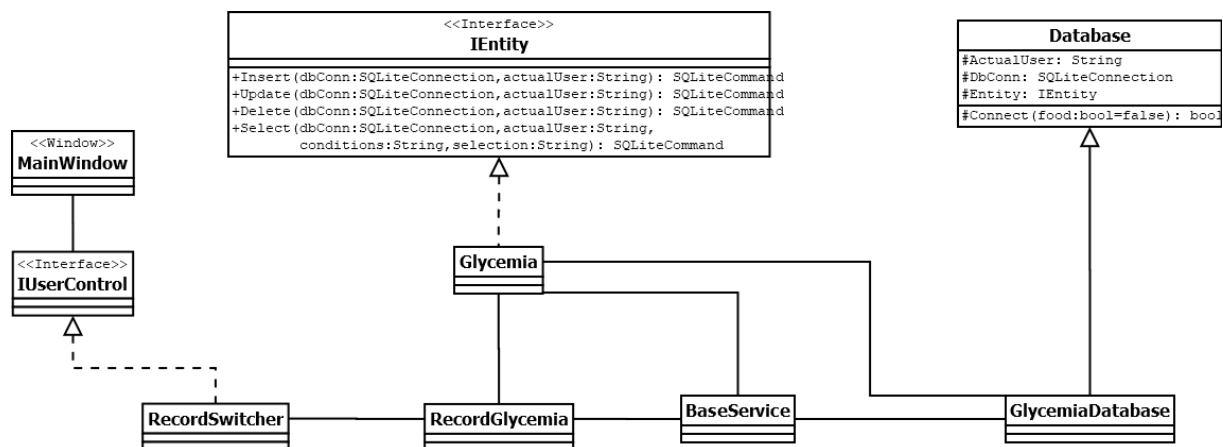
Obrázek 17: třídní diagram prezentační vrstvy - grafické rozhraní



Obrázek 18: třídní diagram databázové vrstvy - perzistentní pole



Obrázek 19: třídní diagram servisní vrstvy



Obrázek 20: konkrétní příklad třídního diagramu glykemie

```
private void buttonRecordGlycemiaAdd_Click(object sender, System.Windows.  
    RoutedEventArgs e)  
{  
    if(FillGlycemia())  
    {  
        PushData();  
    }  
}
```

Výpis 1: akce po vykonání po stisku tlačítka

```
private bool FillGlycemia()
{
    try {
        _glycemia = new Glycemia
        {
            MeasuredDate = DateTime.Parse(datePickerRecordGlycemiaDate.
                Text),
            MeasuredTime =
                TimeSpan.Parse(comboBoxRecordGlycemiaHour.SelectedItem +
                    ":" +
                        comboBoxRecordGlycemiaMinutes.SelectedItem),
            Category = comboBoxRecordGlycemiaCategory.SelectedItem.
                ToString(),
            Value = textBoxRecordGlycemiaValue.Text,
            Note = textBoxRecordGlycemiaNote.Text.Length > 0 ?
                textBoxRecordGlycemiaNote.Text : ""
        };
    }
    catch
    {
        System.Windows.Forms.MessageBox.Show(MainWindow.
            errorMessageSavingValues, "Chyba");
        return false;
    }
    return true;
}
```

Výpis 2: naplnění entity z položek grafického rozhraní

```
private void PushData()
{
    GlycemiaService gs = new GlycemiaService(_glycemia, MainWindow.
        ActualUser);
    if (gs.SaveGlycemia())
    {
        System.Windows.Forms.MessageBox.Show("Uložení proběhlo v~poradku
            .", "OK");
        ClearFields();
    }
    else
    {
        System.Windows.Forms.MessageBox.Show(MainWindow.
            errorMessageSavingValues, "Chyba");
    }
}
```

Výpis 3: posílání dat do servisní vrstvy ke zpracování

```
public bool SaveGlycemia()
{
    _glycemiaDB = new GlycemiaDatabase(glycemia, actualUser);
    if (_glycemiaDB.InsertGlycemia())
    {
        return true;
    }
    return false;
}
```

Výpis 4: servisní vstava přepośle data do databázové vrstvy

```
public bool InsertGlycemia()
{
    if (Connect())
    {
        try
        {
            Entity.Insert(DbConn,ActualUser).ExecuteNonQuery();
        }
        catch
        {
            return false;
        }
        finally
        {
            DbConn.Close();
        }
        return true;
    }
    return false;
}
```

Výpis 5: uložení do databáze